

**Wertigkeit der gebräuchlichen Formeln zur fetalen Gewichtsschätzung bei
Femora unter der 5. Perzentile**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von Christin Jahn

geboren am 15.01.1990 in Apolda

Gutachter (akademischer Grad, Vor- und Nachname sowie Wirkungsort)

1. Prof. Dr. Ekkehard Schleußner, Jena
2. Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel, Jena
3. PD Dr. Dietmar Schlembach, Berlin

Tag der öffentlichen Verteidigung: 17.04.2018

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
1. <u>Zusammenfassung</u>	1
2. <u>Einleitung</u>	4
2.1. Bedeutung eines kurzen Femurs in der pränatalen Ultraschalluntersuchung	5
2.2. „Small for gestational age“ und Intrauterine Wachstumsrestriktion	8
2.2.1. Dopplersonografie	9
2.2.2. Fruchtwassermenge	10
2.3. Die Gewichtsschätzung	11
2.3.1. Voraussetzungen für eine zuverlässige Gewichtsschätzung	11
2.3.2. Einschränkungen in der Gewichtsschätzung	12
2.3.3. Entwicklung der Schätzwichtsformeln	13
3. <u>Ziele der Arbeit</u>	18
4. <u>Patientenkollektiv und Methodik</u>	19
4.1. Patientenkollektiv	19
4.1.1. Einschlusskriterien	19
4.1.2. Ausschlusskriterien	19
4.2. Studienablauf	19
4.2.1. Sonografie	19
4.2.2. Datenerhebung	23
4.2.3. Datenverarbeitung	24
4.3. Beschreibung des Patientenkollektivs	25
4.3.1. Schwangerschaft	26
4.3.2. Kindliche Daten	27
4.3.3. Biometrische Daten	31
4.3.4. Mütterliche Daten	31
4.4. Verwendete Schätzformeln	33
4.5. Statistische Datenauswertung	34
4.5.1. Allgemein	34
4.5.2. Bland-Altman Plot	34
4.5.3. Bestimmtheitsmaß	35

5. <u>Ergebnisse</u>	38
5.1. Bland-Altman Plot	40
5.2. Bestimmtheitsmaß	54
6. <u>Diskussion</u>	58
6.1. Kollektiv	58
6.2. Mögliche Fehlerquellen	61
6.3. Vorhersagegenauigkeit	62
7. <u>Schlussfolgerung</u>	65
8. <u>Literaturverzeichnis</u>	66
9. <u>Quellenverzeichnis Abbildungen</u>	70
10. <u>Anhang</u>	72
10.1. Ehrenwörtliche Erklärung	72
10.2. Danksagung	73

Abkürzungsverzeichnis

AAP	Abdomen anterior-posterior
AFI	amniotic fluid index
AM	Mittlerer Abdomendurchmesser
ATD	Transversaler Abdomendurchmesser
AU	Abdomenumfang
BPD	Biparietaler Durchmesser
BMI	Body-Mass-Index
FL	Femurlänge
FOD	Frontookzipitaler Durchmesser
G	Gewicht
IUGR	intrauterine growth restriction/ intrauterine Wachstumsrestriktion
KU	Kopfumfang
LBW	Low birth weight, niedriges Geburtsgewicht
LGA	Large for gestational age
Max	Maximum
Min	Minimum
PE	Präeklampsie
PI	Pulsatility-Index
PTB	preterm birth, Frühgeburt
RI	Resistance-Index
SD	Standartabweichung

SGA Small for gestational age

SSW Schwangerschaftswoche

1. Zusammenfassung

Mithilfe fetometrischer Messungen lässt sich die Kindesentwicklung während der gesamten Schwangerschaft beobachten und dokumentieren. Dabei bestehen für die einzelnen Maße Normkurven, mit denen das Wachstum über die Zeit und im Vergleich zur Normalverteilung eines Kollektivs dargestellt werden kann. Der fetale Femur ist einer der Parameter, welcher zur Berechnung von Schätzwerten mit herangezogen wird. Dieser geht je nach Formel in unterschiedlichen Maß mit in die Berechnung ein.

Femora mit einer Länge < 5 . Perzentile können Merkmal einer Skelettdysplasie oder auch einer Chromosomenanomalie wie z.B. der Trisomie 21 sein. Dabei weist ein nicht-isolierter kurzer Femur, also ein kurzer Oberschenkelknochen, in Verbindung mit einem verringerten Bauchumfang des Feten, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für diese Anomalien auf. Studien zeigen, dass ein isolierter kurzer Femur im 2. Trimester hinweisend auf eine SGA (small for gestational age) oder intrauterine Wachstumsrestriktion (IUGR) ist. Die frühzeitige Erkennung einer SGA oder IUGR ist wichtig, um das geburtshilfliche Management zu verbessern und damit die perinatale Morbidität und Mortalität zu reduzieren. Die Gewichtsschätzung ist neben der dopplersonografischen Untersuchung und der CTG-Analyse entscheidend für das geburtshilfliche Management. Somit kann ein kurzer Femur in Rahmen der Gewichtsschätzung das geburtshilfliche Management beeinflussen.

In dieser Dissertation wird die Wertigkeit der verschiedenen Formeln zur fetalen Gewichtsschätzung bei Femora < 5 . Perzentile evaluiert. Zusätzlich soll die Vermutung überprüft werden, dass die üblicherweise verwendeten Formeln, bei Feten mit kurzem Femur, ungenau und systematisch zu leicht schätzen.

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv zwischen Januar 2010 und Dezember 2012. Es wurden Frauen eingeschlossen, die in dieser Zeit im Universitätsklinikum Jena entbunden wurden und die die Einschlusskriterien Ultraschallbiometrie bis max. 7 Tage vor Entbindung und Lebendgeburt erfüllten. Ausgeschlossen wurden Mehrlingsschwangerschaften, Todeburten, Fälle mit unvollständigen fetalen oder neonatalen Daten und Sonografien die mehr als 7 Tagen vor Geburtsdatum durchgeführt wurden. Neben maternalen und schwangerschaftsassozierten Daten wurden Ultraschall- und Geburtsdaten sowie Daten der Neugeborenen erhoben. Die biometrischen Daten wurde zur Bestimmung des fetalen Gewichts nach verschiedenen Formeln (Hadlock I-V, Warsof, Shepard, Merz, Schild, Schillinger, Hansmann, Higginbottom, Campbell und Wilkin, Holländer, Thurnau, Schuhmacher sowie Ott) verwendet. Die verschiedenen biometrischen Daten gehen in den Formeln mit unterschiedlichen Wichtungen durch verschiedene Korrekturfaktoren ein.

Bei der statistischen Auswertung wurden vor allem der Bland-Altman Plot und das Bestimmtheitsmaß angewendet. Die aus dem Bestimmtheitsmaß entstandenen Ergebnisse wurden anschließend in Genauigkeitskategorien eingeteilt. Im Rahmen der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes wurden das Kollektiv (80 Fälle mit Femora < 5. Perzentile) zusätzlich in Hinsicht auf SGA- und IUGR-Kinder selektiert und analysiert.

Insgesamt wurden 2231 Patientinnen mit Einlingsschwangerschaften, die alle die Einschlusskriterien erfüllten, erfasst. Darunter befanden sich 80 Neugeborene (3,6%) mit einer sonografisch erfassten Femurlänge unter der 5. Perzentile. Die 47 Jungen und 33 Mädchen wurden zwischen der 27. und 42. Woche geboren, wobei insgesamt 28 Kinder unter der 37. Woche geboren wurden. Die Gewichte der Kinder lagen zwischen 515g und 4930g, mit einem Mittel von 2549g (Median 2720g). Die Gewichtsperzentilen der Kinder in diesem Kollektiv weisen ebenfalls eine große Bandbreite auf, im Mittel lag das Gewicht der Kinder bei der 24. Perzentile (Median 15. Perzentile). 33 Kinder (41,3%) lagen bei Geburt unter der 10. Perzentile und wurden demnach als SGA eingestuft. Das Gewicht dieser Kinder lag im Mittel bei 1826g (Median 1200g). 52% der SGA- Kinder waren auch Frühgeborene. Zwei Kinder lagen über der 95. Perzentile und wurden demnach als „large for gestational age“ eingestuft. Ihr Gewicht betrug im Mittel 4793g (Median 4655g).

Die Mittelwerte der Differenzen von tatsächlichem Geburtsgewicht und Schätzwerten zeigen, dass alle Formeln nach Hadlock, beide Schild-Formeln, Higginbottom, Campbell und Wilkin, Thurnau sowie Ott das tatsächliche Geburtsgewicht im Durchschnitt unterschätzen. Warsof, Shepard, Merz, Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher hingegen überschätzen das tatsächliche Geburtsgewicht.

Die Formel von Holländer wies im Mittel die geringste mittlere Differenz (-37g) zwischen dem tatsächlichen und dem geschätzten Gewicht auf, gefolgt von Schild weiblich (40g). Holländer wies im Gegensatz zu Schild weiblich jedoch höhere Über- und Unterschätzungen auf als Schild weiblich. Hier ergab sich die beste Annäherung der Punkte an die Mittellinie und somit eine bessere Schätzung. Schillinger (-386g) und Thurnau (299g) präsentierten dabei im Mittel die größten Abweichungen und Schild männlich bot die größte Streuung bezüglich der Differenzen.

Bei der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes zeigte sich, dass die Formel Hadlock III und Ott stets zu der besten Genauigkeitskategorie gehörten. Dies galt beim gesamten Kollektiv, aber auch nachdem man die Einschränkung bezüglich SGA- und IUGR-Kinder vornahm. Zu den „ungenauesten“ Formeln zählten die von Schillinger und Hansmann.

Hadlock III und Ott stellen nach dieser Arbeit schlussfolgernd die Formeln dar, welche für die Gewichtsätzung bei einem Feten mit einem Femur mit einer Länge unter der 5. Perzentile am besten geeignet erscheinen und zur Messung/Schätzung herangezogen werden sollten.

Die Vermutung, dass die üblicherweise verwendeten Formeln (Hadlock) das Gewicht ungenau schätzen, konnte widerlegt werden. Sie zählten stets zu den beiden besten Genauigkeitskategorien. Dies zeigt uns, dass man sich auch bei Feten mit Femora unter der 5. Perzentile auf diese Formeln mit der bekannten Unschärfe verlassen kann.

2. Einleitung

Wieso ist die Gewichtsbestimmung in der pränatalen Diagnostik so wichtig?

Mithilfe erhobener Biometriemaße lässt sich die Kindesentwicklung während der gesamten Schwangerschaft beobachten und dokumentieren. Dabei bestehen für die einzelnen Maße Normkurven, mit denen das Wachstum über die Zeit und im Vergleich zur Normalverteilung eines Kollektivs dargestellt werden kann. Hierbei werden die Maße in Abhängigkeit von der Schwangerschaftswoche betrachtet. Dafür ist allerdings eine exakte Bestimmung des Gestationsalters mittels Konzeptionsanamnese oder Sicherung der SSW durch einen Frühhultraschall (Messung der Schädel-Steiß-Länge) erforderlich.

Die Ergebnisse der Gewichtsschätzung werden dann abhängig von Schwangerschaftswoche (und ggf. Geschlecht) in Perzentilenkurven [31] eingetragen, mit Normkurven verglichen und erlauben so eine Einteilung der Feten in

- eutroph (10.-95. Perzentile)
- zu klein: intrauterine Wachstumsrestriktion (IUGR) oder „small for gestational age“ (SGA) (< 10. Perzentile)
- zu groß: Makrosomie oder „large for gestational age“ (LGA) (> 95. Perzentile)

in Bezug auf das Schwangerschaftsalter.

An beiden Enden der Gewichtskurve (SGA / LGA) kommt es zu erhöhten prä- und postnatalen Morbiditäts- und Mortalitätsraten [19], weshalb beide Bereiche ein spezielles geburtshilfliches Management benötigen.

Bei SGA-Kindern stellen sich Fragen wie: Ist das Kind nur kleiner als die Norm, dabei aber gesund oder besteht eine Wachstumsverzögerung? Würde eine zeitnahe Entbindung dem Kind helfen? Ist das Kind reif bzw. groß genug, um überhaupt entbunden zu werden bzw. wie und wo soll das Kind entbunden werden? Solche Fragen über die Größe und Lebensfähigkeit stellen sich aber auch bei drohenden Frühgeburten oder bei drohenden Gefahren bei der Mutter wie beispielsweise einer Präeklampsie.

Bei den LGA-Kindern sind dann eher der Entbindungszeitpunkt und die Entbindungsart von Bedeutung. Ist das Kind so groß, dass die Geburt vor Termin eingeleitet werden muss? Sollte eine Sectio, aufgrund eines höheren Risikos für eine Schulterdystokie, durchgeführt werden?

Daher ist von großer Bedeutung das Gewicht der Kinder möglichst exakt einzuschätzen. Auch nachteilige Folgen, welche entstehen, wenn normale Kinder fälschlich einem der beiden

Randbereiche zugeordnet werden, lassen sich vermeiden. Zu den möglichen Folgen kann unter anderem eine vorzeitige Entbindung, Planung einer Sectio caesarea oder die Verunsicherung der Mutter bzw. der Eltern zählen.

2.1. Bedeutung eines kurzen Femurs in der pränatalen Ultraschalluntersuchung

Der fetale Femur ist der einzige lange Röhrenknochen der Feten, welcher während der Routine-Ultraschalluntersuchungen bei der biometrischen Messung des Fötus, vermessen wird. Die Vorgaben für die Ultraschall-Screening-Untersuchungen sind unter anderem in den Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses über die ärztliche Betreuung während der Schwangerschaft und nach der Entbindung festgelegt.

Dabei stellen Oberschenkelknochen mit einer Länge unter der 5. Perzentile ein erhebliches diagnostisches Problem dar. Sie können Ergebnis einer ungenauen Messung sein oder stellen eine normale Variante bei einem kleinen Feten dar. Des Weiteren kann ein kurzer Femur Merkmal einer Skelettdysplasie oder auch einer Chromosomenanomalie wie der Trisomie 21 sein. [17,30] Dabei weist ein nicht-isolierter kurzer Femur, also ein kurzer Oberschenkelknochen in Verbindung mit einem verringerten Bauchumfang des Feten, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für diese Anomalien auf [16]. Zusätzlich haben Studien gezeigt, dass ein isoliert kurzer Femur im 2. Trimester ein frühes Zeichen für ein für das Gestationsalter „zu kleines“ Kind darstellt [17]. Speziell zeigt sich der Zusammenhang mit einer intrauterinen Wachstumsrestriktion (IUGR): Aufgrund der meist in diesen Fällen vorherrschenden gestörten Plazentafunktion zeigt sich ein kurzer Femur, welcher somit auch als früher Marker für eine IUGR behandelt werden kann. Die frühzeitige Erkennung solch einer Wachstumsrestriktion ist wichtig, um das geburtshilfliche Management zu verbessern und damit die perinatale Morbidität und Mortalität zu reduzieren (Abb. 1).

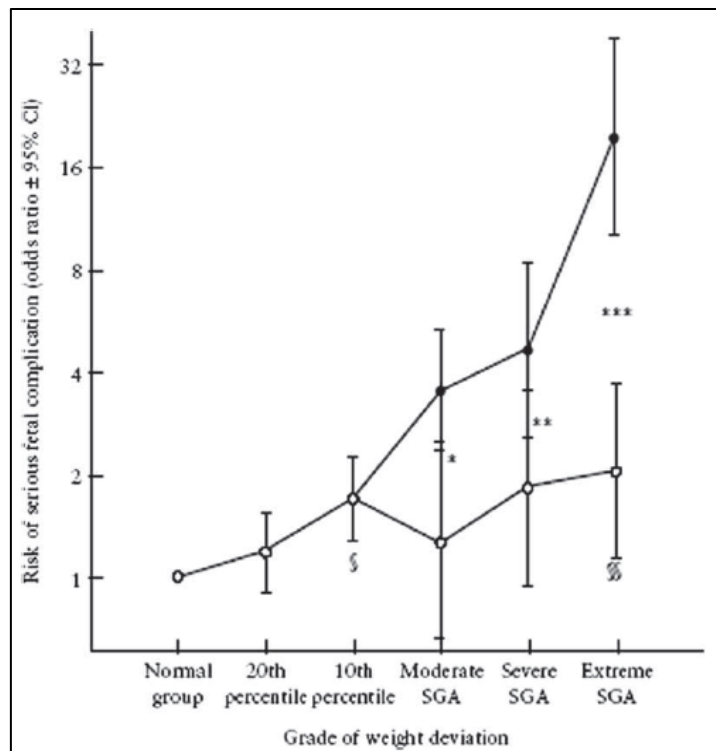


Abb. 1: Outcome von Kindern mit IUGR in Abhängigkeit von einer frühzeitigen Erkennung.

(○) frühzeitige Erkennung; (●) ohne frühzeitige Erkennung

(hier wurde SGA synonym zu IUGR genutzt) [6]

Papageorgiou et al. führten eine retrospektive Studie durch, bei der Schwangerschaften mit einem Femur unter der 5. Perzentile betrachtet wurden, welche sich zwischen der 18.-24. Schwangerschaftswoche befanden. Bei allen Patienten war zuvor im 1. Trimenon eine Bestimmung des Gestationsalters und eine Risikobewertung für chromosomale Anomalien mittels Nackentransparenzmessung durchgeführt worden. Innerhalb von 5 Jahren wurden 129 Fälle ausgewertet, bei denen sich in 46 Fällen (36%) eine Assoziation des kurzen Femurs mit fetalen Anomalien (Skelettdysplasien, Chromosomenanomalien oder andere genetische Syndrome) zeigte. Diese Fälle wurden als nicht-isolierter kurzer Femur eingestuft. In 83 Fällen (64%) ergab sich keine Assoziation mit Anomalien und somit ein isoliert kurzer Femur. 33 dieser 83 Fälle (40%) wiesen eine frühe schwere IUGR mit pathologischen Doppler-Messwerten der Nabelarterien und Geburten vor der 37. Woche auf. Bei 90% der Feten fielen pathologische Dopplerwerte der Gebärmutterarterien auf. Die Autoren folgerten, dass in einer Population mit unauffälliger Nackentransparenzmessung im 1. Trimenon ein isoliert kurzer Femur (gemessen bei der Ultraschalluntersuchung im 2. Trimenon) sehr unwahrscheinlich durch eine fetale Aneuploidie bedingt ist. [17]

2013 veröffentlichten Vermeer und Bekker eine retrospektive Studie, in welcher Einlingsschwangerschaften mit einer Femurlänge $< 5.$ Perzentile, im Zeitraum von Januar 2001 bis August 2011, betrachtet wurden. Insgesamt ergaben sich daraus 112 Patienten bei denen 87 (78%) einen isoliert kurzen Femur aufwiesen. Der Rest, 25 Fälle (22%), stand in Verbindung mit Chromosomenstörungen, Skelettanomalien, multiplen Anomalien und anderen genetischen Störungen. In der Gruppe mit den isoliert kurzen Oberschenkelknochen ergab sich in 37 Fällen (43%) eine IUGR, in 33 Fällen (37%) war dieser kurze Femur unerklärlich und in 17 Fällen (20%) zeigten sich falsch-positiv gemessene Werte. Zusätzlich wies diese Gruppe vermehrt pathologische Doppler-Messungen ($p = 0,01$), Kaiserschnitte ($p = 0,043$) und Intensivstation-Aufenthalte der Neugeborenen ($p = 0,001$) auf. Ein isoliert kurzer Femur war mit einer IUGR und einem negativen Geburtsausgang assoziiert. [30]

Im selben Jahr wurde eine Studie von Özlü und Ozcan veröffentlicht. Hierbei wurden alle Ultraschalluntersuchungen zwischen der 16. und 24. SSW, von 01/2006 bis 06/2012 aus der Ultraschall-Datenbank der „University of Rochester“ retrospektiv ausgewertet. Unvollständige Daten, Mehrlingsschwangerschaften, schwere angeborene oder Chromosomenanomalien wurden ausgeschlossen und die Femurlängen aus der frühesten Messung betrachtet. Ein isoliert kurzer Femur wurde dabei definiert als eine Femurlänge $< 10.$ Perzentile bei Feten mit einem Bauchumfang \geq der 10. Perzentile. Der primäre Endpunkt wurde definiert als: „small for gestational age“ (SGA), Geburtsgewicht unter der 3. und 5. Perzentile, niedriges Geburtsgewicht (LBW), Frühgeburt (PTB) und Präeklampsie (PE). Und der sekundäre Endpunkt wurde beschrieben mit einem 5 min Apgar-Score < 7 und einem Intensivstation-Aufenthalt der Neugeborenen.

Von 4992 Feten hatten 312 (6%) einen isoliert kurzen Femur. Es ergab sich eine signifikante Erhöhung von Geburtsgewichten $< 5.$ Perzentile, SGA, LBW und Frühgeburt ($< 32.$, $< 34.$ und $< 37.$ Woche) ($p < 0,05$). Auch der sekundäre Endpunkt trat in dieser Gruppe signifikant häufiger auf ($p < 0,05$). [16]

Mathiesen et al. untersuchten retrospektiv alle dänischen Einlingsschwangerschaften zwischen den 1. Januar 2008 und den 30. Juni 2011 mit einem auffälligen Screening zwischen der 17. und 22. Woche. Bei 2718 (1,8%) von 147766 Feten wurde dabei ein kurzer Femur detektiert. Dabei war dieser bei 11 (16,2%) von 68 Feten mit einer Trisomie 21 assoziiert. Es zeigte sich ebenfalls eine Verbindung mit Trisomie 13/18 und anderen asymmetrischen autosomal strukturellen Anomalien. Weiterhin ergaben sich bei einem kurzen Femur in 5,6 % der Patienten frühe Frühgeburten vor der 34. Woche und Kinder mit SGA in 13,9% der Fälle. Schlussfolgernd zeigt sich für einen kurzen Femur im 2. Trimester-Scan ein signifikant

höheres relatives Risiko für chromosomale Störungen und ein substantiell höheres absolutes Risiko für Kinder mit SGA und frühen Frühgeburten. [13]

2.2. „Small for gestational age“ und Intrauterine Wachstumsrestriktion

Wie bereits im Vorkapitel beschrieben, geht ein kurzer Femur oft mit Feten einher welche zu „untergewichtig“ für ihr Gestationsalter sind. Dabei handelt es sich dann um SGA-Feten oder sogar um Feten welche eine IUGR aufweisen.

Bei SGA-Kindern liegt das Geburtsgewicht unter dem für das Gestationsalter definierten Grenzwert verglichen mit den Standardperzentilen. Hier wächst der Fet jedoch linear oder perzentilenkonstant. Der Umstand eines SGA-Kindes ist meist nicht pathologisch. Die Definitionsgrenzwerte für SGA werden meist unterschiedlich festgelegt (2 SD, 3. Perzentile, 5. Perzentile oder 10. Perzentile). Für diese Arbeit haben wir alle Feten unter der 10. Perzentile als SGA-Kinder definiert. [23]

Bei der intrauterinen Wachstumsrestriktion liegt das Geburtsgewicht ebenfalls unter dem für das Gestationsalter definierten Grenzwert verglichen mit den Standardperzentilen. Der Unterschied besteht darin, dass diese Feten nicht linear wachsen und eine Wachstumsabflachung zeigen. Der Fet schöpft sein genetisch vorgegebenes Wachstumspotential nicht aus. Dies hat meist pathologische Ursachen.

Die empfohlene Definition für Feten mit IUGR beinhaltet:

- Fet < 10. Perzentile

und mind. eines der folgenden Merkmale:

- Wachstumsabflachung
 - auffälliger Doppler
 - Oligohydramnion

[23]

Feten mit IUGR gehören demzufolge meist in die Gruppe der SGA-Feten, aber SGA-Feten leiden nicht automatisch an einer IUGR. Eine IUGR kann allerdings auch bei Feten auftreten, bei denen das geschätzte Gewicht z.B. der 25. Perzentile zuzuordnen ist, wenn sich der Fet in der vorhergehenden Untersuchung in der 50. Perzentile befand, also eine Wachstumsabflachung eingetreten ist.

Bei der IUGR spielt die abnorme Plazentation in der Frühschwangerschaft eine große Rolle. In vielen Fällen ist eine Plazantainsuffizienz, seltener Infektionen, ein Drogenabusus, kongenitale Anomalien oder Erkrankungen der Mutter ursächlich für eine IUGR. [34]

Das fetale Wachstum präsentiert sich in 3 Phasen: Im 1. Drittel der Schwangerschaft wird das Wachstum vor allem durch eine vermehrte Zellteilung (Hyperplasie) hervorgerufen. Im mittleren Schwangerschaftsdrittel findet neben der Zellteilung auch ein Zellwachstum (Hypertrophie) statt. Und im letzten Drittel findet überwiegend ein Zellwachstum statt.

Es handelt sich am ehesten um eine symmetrische Wachstumsrestriktion, wenn die Störung des Wachstums bereits in der frühen Schwangerschaft stattfindet. Dies kann der Fall bei Strukturanomalien aber auch bei äußeren Störfaktoren wie Alkohol, Drogen oder Infektionen sein. Bei der asymmetrischen IUGR liegt die Störung eher im späteren Verlauf. Durch verschiedene Mechanismen wie Blutumverteilung, vermehrte Freisetzung von Glukogenreserven der Leber und einer eingeschränkten Fettgewebsbildung, kann es zu einem konsekutiven Zurückbleiben des Wachstums im Bereich des Abdomens gegenüber dem noch gleichbleibenden Kopfwachstum kommen. [34]

Genauer führt eine plazentare Dysfunktion, aufgrund der Abnahme des umbilikalvenösen Nährstoffgehaltes und Blutvolumens, zu einer venösen Blutumverteilung im Ductus venosus zugunsten des fetalen Herzens. Dadurch verringert sich die Nährstoffzufuhr zur Leber, was zur Abnahme der Glukogenreserven führt und das Wachstum der Leber verlangsamt. Aufgrund dessen verlangsamt sich das Wachstum des Abdomenumfangs als Erstes. Anschließend kommt es auch zur Verringerung der weiteren Körpermaße, worunter unter anderem auch der fetale Femur zählt und somit bei einer IUGR Größen unter der 5. Perzentile aufweisen kann. [1]

2.2.1. Dopplersonografie

Neben der Fetometrie ist die Dopplersonografie vor allem bei den SGA-Kindern von großer Bedeutung. Sie stellt sowohl für den utero-plazentaren als auch für den fetoplazentaren Kreislauf eine gut evaluierte Untersuchungsmethode dar. Vor allem die Dopplersonografie der Aa. uterinae besitzt einen hohen Stellenwert in der Screeninguntersuchung für die Prädiktion einer Präeklampsie und einer IUGR. [27]

Von Bedeutung sind der Pulsatility-Index (PI), der Resistance-Index (RI) und die postsystolische Inzisur (auch „Notch“ bezeichnet) der Uterinarterien.

Die Arteriae uterinae werden herangezogen, um die utero-plazentaren Strömungsverhältnisse zu messen. Das uterine Gefäßbett adaptiert sich im Verlauf einer normalen Schwangerschaft,

wodurch sich die Strömungsprofile wesentlich ändern. Aus einem hoch pulsatilen Signal, welches präkonzeptionell besteht, wird vor allem im 2. Trimenon ein niedrig pulsatiles. Dies geschieht aufgrund des Wandumbaus im nachfolgenden Stromgebiet, speziell den Radialarterien. Zusätzlich sollte die postsystolische Inzisur („Notch“) verschwinden. [27]

Die Arteriae umbilicales bilden die feto-plazentare Strömung ab. Im Verlauf der Schwangerschaft nimmt die Blutströmung volumenmäßig zu und der Widerstand im plazentaren Gefäßbett nimmt kontinuierlich ab. Hierbei sollte ein Nabelschnurabschnitt aufgesucht werden, welcher möglichst frei im Fruchtwasser flottiert (Abb. 2). [27]

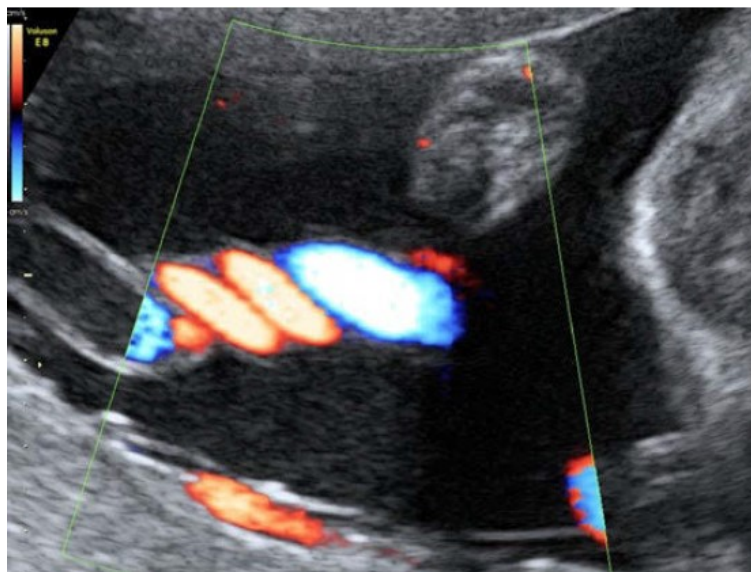


Abb. 2: Darstellung der A. umbilicalis und V. umbilicalis im Farbdoppler [11]

2.2.2. Fruchtwassermenge

Die Bildung des Fruchtwassers verändert sich im Laufe der Schwangerschaft. Man geht davon aus, dass sich das Fruchtwasser in der Frühschwangerschaft aus 3 Quellen bildet. Zum einen aus der fetalen Plazentaoberfläche, zum zweiten aus dem maternalen Kompartiment der Plazenta und zum anderen aus der Sekretion der Oberfläche des Embryos. Im weiteren Verlauf, ab dem 2. Trimenon, entsteht es durch den Urin des Feten und durch die Sekretion der fetalen Lunge. Zusätzlich fängt der Fet an das Fruchtwasser zu schlucken um es seinem eigenen Kreislauf wieder zuzuführen. [26]

Als Oligohydramnion bezeichnet man eine Fruchtwassermenge, welche geringer als die zu erwartende Menge der entsprechenden Schwangerschaftswoche ist. Um ein Anhydramnion handelt es sich, wenn gar kein Fruchtwasser im Ultraschall zur Darstellung kommt. [26]

Eine Plazentare Dysfunktion und fetale Hypoxämie können zu einer Abnahme der Nierenperfusion führen und somit eine Oligurie und eine Abnahme der Fruchtwassermenge begünstigen. Um ein Oligohydramnion nachzuweisen kann der „amniotic fluid index“ (AFI) oder das maximale vertikale Fruchtwasserdepot („single deepest pocket“) herangezogen werden. Abb. 3 zeigt den Verlauf der beiden Parameter im Laufe der Schwangerschaft und die dazugehörigen Perzentilen. [1]

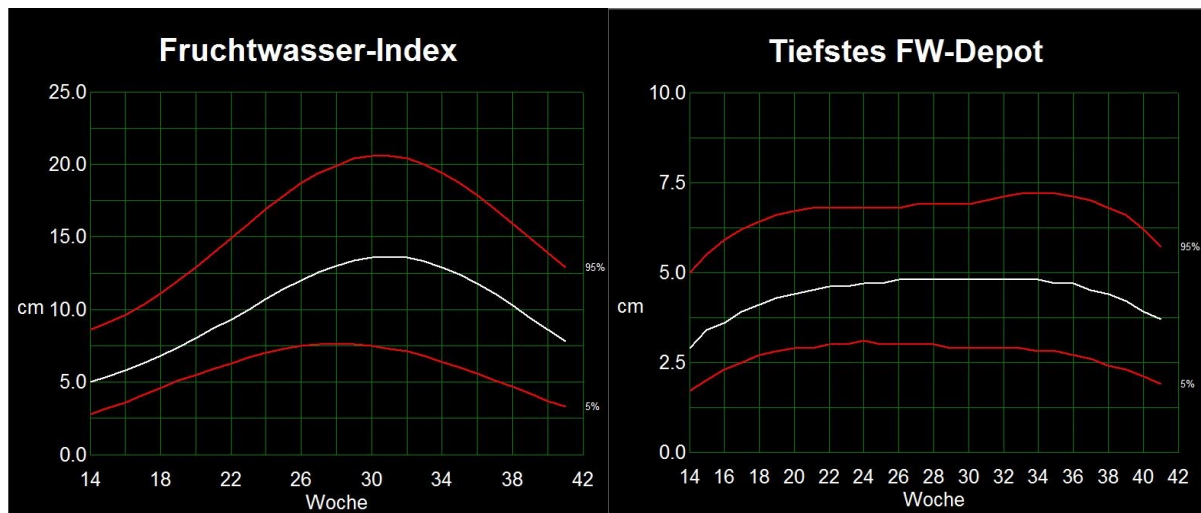


Abb. 3: AFI und das maximale Fruchtwasserdepot in Abhängigkeit von der SSW. [5]

2.3. Die Gewichtsschätzung

2.3.1. Voraussetzungen für eine zuverlässige Gewichtsschätzung

Der erste Schritt um das Schätzwert überhaupt bewerten zu können ist eine genaue Zuordnung zur Schwangerschaftswoche. Erst bei korrekt bestimmten Gestationsalter kann man das Gewicht zuverlässig mit den Perzentilen vergleichen und Aussage über das Wachstum treffen.

Bestimmung des Gestationsalters

Die exakte zeitliche Zuordnung zur Schwangerschaftswoche stellt sich dann als Problem dar, wenn der Konzeptionstermin unbekannt ist oder eine unregelmäßige Zyklusdauer besteht. Wenn diese beiden jedoch bekannt sind, kann der Entbindungstermin mit Hilfe der Nägele-Regel berechnet werden:

Entbindungstermin = 1. Tag der letzten Periode - 3 Monate + (Zyklusdauer - 14) Tage

Bei einer Zyklusdauer von 28 Tagen ist ab dem 1. Tag der letzten Menstruationsblutung von einer Schwangerschaftsdauer von 280 Tagen oder 40 Wochen auszugehen.

Genauer lässt sich das Schwangerschaftsalter mittels Sonografie bestimmen. Dabei wird die Scheitel-Steiß-Länge ab der 7.-12. SSW vermessen. Mit einer einzigen Messung konnten Robinson und Fleming zwischen der 6. und 14. SSW eine Schätzgenauigkeit von $\pm 4,7$ Tagen (95% Zuverlässigkeit) erzielen [20]. Daher sollte anamnestisch festgelegte Terminangabe im ersten Trimenon sonografisch überprüft werden. Zu einem späteren Zeitpunkt ist es ebenfalls, allerdings auch ungenauer möglich. Dabei werden kephale, abdominelle Maße und die Femurlänge heran gezogen.

Perzentilenkurven

Anhand der Perzentilen werden Kinder in „normal“, SGA oder LGA eingeteilt. Voigt und Schneider entwickelten 1996 Perzentilenkurven, um Standards in der Einordnung des Entwicklungsstandes der Neugeborenen zu schaffen. Dies taten Sie mit Hilfe einer gesamtdeutschen Datenerfassung von 563480 Einlingen ab der 23. SSW. Dies sind seitdem die in Deutschland am meisten verwendeten Perzentilenkurven. [31]

2.3.2. Einschränkungen in der Gewichtsschätzung

In der Ultraschallbiometrie liegt die Größenordnung einer sinnvollen Messgenauigkeit im Millimeterbereich und sollten auch in diesem angegeben werden. Einschränkungen bei der Genauigkeit liegen im Bereich des Gerätes, des untersuchenden Objektes und an dem Untersucher selbst. Dabei können Fehler zufälliger oder systemischer Art an jeglicher Stelle auftreten.

Beim Gerät können Fehler z.B. durch falsche Kalibrierungen des Maßstabes oder anderer Einstellungen entstehen. Beim untersuchenden Objekt können Schwierigkeiten durch vermehrte Lagewechsel des Kindes während der Messung entstehen. Ein weiteres Problem kann sein, wenn beispielsweise das Köpfchen schon tief im Becken eingestellt ist und sich somit schwer vermessen lässt. Die Sichtverhältnisse können durch eine Adipositas der Mutter, ein Oligo- bzw. Anhydramnion oder eine Mehrlingsschwangerschaft eingeschränkt sein. Auch die Wehentätigkeit hat unter Umständen Einfluss auf die Messung.

Der Ultraschall stellt auch eine sehr untersucherabhängige Methode dar. Erfahrung und die verfügbare Zeit haben großen Einfluss auf die Genauigkeit der Messergebnisse. Zufällige Fehler wie das Einstellen einer falschen Messebene oder das irrtümliche Ablesen von falschen Werten können ebenso auftreten.

2.3.3. Entwicklung der Schätzwichtsformeln

Fast zeitlich mit der Einführung der Sonografie in die Geburtshilfe wurde auch begonnen die fetalen Biometriemaße zu bestimmen und das fetale Schätzwicht zu ermitteln. Dabei zählte zunächst das Prinzip: je größer die Maße umso höher ist auch das Gewicht des Feten. Es handelte sich also dabei um ein indirektes Verfahren. [22]

Die Grundlage der fetalen Sonografie wurde 1958 von I. Donald und T. Brown geschaffen, da es ihnen erstmals nach der Entwicklung des „Compound-B Mode Contact Scanner“ gelang, ein ungeborenes Kind sonografisch darzustellen. 1961 veröffentlichten sie daraufhin ihre Untersuchung zur Messung des biparietalen Durchmessers (BPD). [26]

1964 veröffentlichten Willocks et al. die erste Formel, welche mittels linearer Regressionsberechnung erstellt wurde. Dabei galt die Annahme dass der BPD im letzten Trimenon linear wächst [4].

In der Folgezeit wurden noch weitere Formeln durch die lineare Regressionsberechnung des BPD erstellt. Es zeigte sich, dass diese Formeln eine mittlere absolute Abweichung von 350-500g aufwiesen und keine signifikante Verbesserung der Ergebnisse im Vergleich zu konventionellen Schätzmethoden wie die Inspektion und die Palpation, welche von der unterschiedlichen Dicke der Bauchdecke, der Uterusspannung und der Fruchtwassermenge beeinflusst werden, lieferten.

Ab 1965 konnten aufgrund der Verfügbarkeit des „Real-time-scanner“- Ultraschalls zweidimensionale Bilder genutzt werden. [22]

Im selben Jahr führte Thompson et al. erstmals die fetalen Bauchmaße als weitere Parameter für die Gewichtsschätzung ein. Er stellte fest, dass die Streuung und der mittlere Schätzfehler bei Verwendung des Abdomenumfangs (AU) geringer ausfielen als bei denen mit BPD und dass durch eine Kombination beider Parameter eine weitere erhebliche Reduktion (+/- 333g) erreicht werden konnte. [33]

Auch Campbell und Wilkin et al. zeigten 1975, dass die abdominalen Parameter besser mit dem tatsächlichen Gewicht korrelierten als die kephalen und berücksichtigten in ihrer Formel einzig und allein den Abdomenumfang. [2]

Campbell und Wilkin (cm, kg) [2] $\log_e G = -4.564 + 0,282 \times AU - 0,00331 \times AU^2$
--

Im selben Jahr bestätigten auch Schillinger et al. die Bedeutung der fetalen Abdominalwerte und stellte zusätzlich, die durch Planimetrie errechneten Flächeninhalte von Abdominalquerschnitten als gute Schätzmethode dar. [11]

Schillinger (cm, g) [11]

$$G = 397,7 \times (\text{BPD} + \text{AM}/2) - 4387$$

Auch Hansmann et al. zeigten, dass die Abdomenwerte, vor allem bei Frühgeborenen oder Feten mit IUGR, mit eingeschlossen werden sollten. [9]

Hansmann (cm, kg) [9]

$$G = -1,05775 \times \text{BPD} + 0,649145 \times \text{ATD} + 0,0930707 \times \text{BPD} - 0,020562 \times \text{ATD}^2 + 0,515263$$

Ebenso im Jahr 1975 veröffentlichten Higginbottom et al. eine Formel, welche den AU enthält. Sie wies einen mittleren Fehler von 75g auf und bei 94% betrug der mittlere Fehler weniger als 145g. [10]

Higginbottom (cm, g) [10]

$$G = 0,0816 \times \text{AU}^3$$

Warsof et al. veröffentlichten 1977 eine logarithmische Funktion aus dem AU und dem BPD [32].

Warsof (cm, kg) [32]

$$\log_{10} G = -1,599 + 0,144 \times \text{BPD} + 0,032 \times \text{AU} - 0,111 \times (\text{BPD}^2 \times \text{AU}) / 1000$$

1978 führte Hansmann et al., neben dem AU und dem BPD, das Gestationsalter zur Berechnung des Schätzwertes mit ein. Er ging davon aus, dass das Gestationsalter einen positiven Einfluss auf das Gewicht hat, der sich nicht in den herkömmlichen Biometriemaßen widerspiegelte. [9]

Dabei war jedoch eine exakte Bestimmung der Schwangerschaftswoche Voraussetzung. Ein Jahr später berücksichtigten auch Schuhmacher et al. in ihrer Formel zusätzlich das Gestationsalter. Es handelte sich hierbei um eine nichtlineare Regressionsformel, welche eine Genauigkeit von 9% in 68% der Fälle zeigte. [24]

Schuhmacher (mm, g) [24]	$G = -0,001665958 \times \text{ATD}^3 + 0,4133629 \times \text{ATD}^2 - 0,5580294 \times \text{ATD} - 0,01231535 \times \text{BPD}^3 + 3,702 \times \text{BPD}^2 - 330,18110 \times \text{BPD} - 0,49371990 \times \text{SSW}^3 + 55,958061 \times \text{SSW}^2 - 2034,3901 \times \text{SSW} + 32768,19$
--------------------------	---

1982 entwickelten Shepard et al. Gewichtstabellen, welche sich auf Berechnungen aus dem BPD und dem AU stützten, mussten jedoch eingestehen, dass die Ergebnisse meist unter dem tatsächlichen Gewicht lagen. [25]

Shepard (cm, kg) [25]	$\log_{10} G = -1,7492 + 0,166 \times \text{BPD} + 0,046 \times \text{AU} - 2,646 \times (\text{AU} \times \text{BPD}) / 1000$
-----------------------	--

Ein Jahr später postulierten Thurnau et al. eine Formel mit Berücksichtigung des AU und des BPD. Ziel war es, eine präzise und einfach zu bedienende Formel, vor allem für Frühgeborene und Feten mit niedrigem Gewicht (<2500g), zu entwickeln. [29]

Thurnau (cm, g) [29]	$G = (\text{BPD} \times \text{AU} \times 9,337) - 299$
----------------------	--

Im Jahr 1984 stellten Holländer et al. eine Formel vor, welche den BPD und den mittleren Abdomendurchmesser beinhaltet. Hier zeigte sich eine Standardabweichung von +/- 384,3g. Zusätzlich lag der relative Fehler in 8,2% der Fälle nicht über +/- 10%, in 90,7% der Fälle nicht über +/- 20%. [11]

Holländer (mm, g) [12]	$G = 7,344 \times \text{BPD} + 55,056 \times \text{AM} - 3270$
------------------------	--

Ebenso im Jahr 1984 zog Hadlock et al. erstmals die Femurlänge (FL) zur Schätzung heran und entwickelte in den Jahren 1984 und 1985 fünf verschiedene Formeln die sich aus verschiedenen Kombinationen aus dem Kopfumfang (KU), dem BPD, dem AU und der FL zusammensetzten [8,7]. Diese Formeln stellen heutzutage noch die Gebräuchlichsten unter den vielen verschiedenen Schätzformeln dar.

Hadlock I (cm, g) [8]	$\log_{10} G = 1,3596 - 0,00386 \times AU \times FL + 0,0064 \times KU + 0,00061 \times BPD \times AU + 0,0424 \times AU + 0,174 \times FL$
Hadlock II (cm, g) [8]	$\log_{10} G = 1,304 + 0,05281 \times AU + 0,1938 \times FL - 0,004 \times AU \times FL$
Hadlock III (cm, g) [8]	$\log_{10} G = 1,335 - 0,0034 \times AU \times FL + 0,0316 \times BPD + 0,0457 \times AU + 0,1623 \times FL$
Hadlock IV (cm, g) [8]	$\log_{10} G = 1,326 - 0,00326 \times AU \times FL + 0,0107 \times KU + 0,0438 \times AU + 0,158 \times FL$
Hadlock V (cm, g) [7]	$\log_{10} G = 1,5662 - 0,0108 \times KU + 0,0468 \times AU + 0,171 \times FL + 0,00034 \times KU^2 - 0,003685 \times AU \times FL$

Im Jahr 1986 veröffentlichten Ott et al. eine Formel, welche den KU, die FL sowie den AU mit einem Korrekturfaktor bei Oligohydramnion enthielt. Sie zeigten in Vergleich zu der Formel von Shepard et al. eine leichte, aber signifikante Verbesserung des Zufallsfehlers. [15]

Ott (cm, kg) [15]	$G = -2,0661 + 0,04355 \times KU + 0,05394 \times AU - 0,0008582 \times KU \times AU + 1,2594 \times FL/AU$
-------------------	---

1988 stellten Merz et al. eine Formel vor, welche für alle Gewichtsbereiche gleichermaßen und unabhängig vom Gestationsalter gelten sollte und sich aus dem AU und dem BPD zusammensetzte. [14]

Merz (cm, g) [14]	$G = -3200,40479 + 157,07186 \times AU + 15,90391 \times BPD^2$
-------------------	---

Parker et al. beschrieben bereits 1984, dass das Wachstum eines Feten geschlechtsspezifisch sei und das sich dies vor allem ab der 28. Schwangerschaftswoche bemerkbar mache [28]. Daraufhin entwickelten Schild et al. 2004 geschlechtsspezifische Formeln, die eine geschlechtsgetrennte Gewichtsschätzung möglich machten [21].

Schild weiblich (cm, g) [21]	$G = -4035,275 + 1,143 \times \text{BPD}^3 + 1159,878 \times \text{AU}^{1/2} + 10,079 \times \text{FL}^3 - 81,277 \times \text{FL}^2$
Schild männlich (cm, g) [21]	$G = 43576,579 + 1913,853 \times \log_{10}\text{BPD} + 0,01323 \times \text{KU}^3 + 55,532 \times \text{AU}^2 - 13602,664 \times \text{AU}^{1/2} - 0,721 \times \text{AU}^3 + 2,31 \times \text{FL}^3$

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die üblichen Formeln nicht über den gesamten Gewichtsbereich konstante Ergebnisse liefern. Dabei ist besonders der obere und untere Randbereich der Gewichtsspanne deutlich ungenauer. Daher wurden auch Formeln speziell für sehr kleine oder makrosome Feten entwickelt. Am zuverlässigsten können die üblichen Formeln im mittleren fetalen Gewichtsbereich (2500-4000g) angewendet werden. Ein systemischer Fehler, also eine generelle Unter- oder Überschätzung, ist bei den meisten Formeln nicht zu finden. Der relative Fehler reduziert allerdings bei allen Formeln die Qualität. 70-80% der alltäglich angewandten Formeln zeigen eine Abweichung vom tatsächlichen Gewicht von maximal 10%. Der Rest liegt sogar noch darüber. Im unteren Gewichtsbereich zeigt sich häufig, auch bei speziell für diesen Bereich entwickelten Formeln, ein systemischer Fehler im Sinne einer signifikanten Überschätzung. Im makrosomen Bereich ergibt sich das gleiche Phänomen, allerdings im Sinne einer Unterschätzung.

Mittlerweile existieren Formeln die auf Basis einer dreidimensionalen Messung erstellt wurden. Diese benötigen jedoch eine besondere technische Ausstattung sowie einen erhöhten Zeitaufwand. Zusätzlich zeigt sich auch nur eine mäßige Verbesserung der Genauigkeit in der Gewichtsschätzung. [22]

3. Ziele der Arbeit

Insgesamt ist die Erkennung eines Oberschenkelknochens mit einer Länge unter der 5. Perzentile sehr bedeutend für den weiteren Verlauf der Schwangerschaft und dem Outcome des Kindes, da er hinweisend auf eine SGA (small for gestational age) oder intrauterine Wachstumsrestriktion (IUGR) sein kann. Der fetale Femur ist einer der Parameter, welcher zur Berechnung von Schätzwerten mit herangezogen wird und in unterschiedlichen Maß bei den verschiedenen Formeln mit in die Berechnung eingeht.

Die Gewichtsschätzung ist neben der dopplersonografischen Untersuchung und der CTG-Analyse entscheidend für das geburtshilfliche Management. Somit kann ein kurzer Femur in Rahmen der Gewichtsschätzung das geburtshilfliche Management beeinflussen. Mit dieser Dissertation soll herausgefunden werden, welche Formel für die pränatale Gewichtsschätzung, bei einem kurzen Femur, die beste Aussagekraft über das voraussichtliche Geburtsgewicht liefert, um damit die Entwicklung des Feten und die möglicherweise benötigten Interventionen besser abschätzen zu können.

Zusätzlich besteht bei Feten mit kurzem Femur die Vermutung, dass die üblicherweise verwendeten Formeln ungenau und systematisch zu leicht schätzen. Auch dieser Punkt soll in Rahmen dieser Dissertation überprüft werden.

4. Patientenkollektiv und Methodik

4.1. Patientenkollektiv

Die Erhebung der Daten erfolgte retrospektiv zwischen Januar 2010 und Dezember 2012. Es wurden Frauen eingeschlossen, die in dieser Zeit im Universitätsklinikum Jena entbunden wurden, bei denen eine Ultraschallbiometrie vor Ort vorlag und die die folgenden Einschlusskriterien erfüllten.

4.1.1. Einschlusskriterien

Eingeschlossen wurden alle Einlingsschwangerschaften

- Ultraschallbiometrie bis max. 7 Tage vor Entbindung
- mit Erfassung des BPD, FOD, KU, AU, FL und wenn vorhanden ATD und AAP
- Lebendgeburten

4.1.2. Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden alle

- Mehrlingsschwangerschaften
- Todgeburten
- Fälle mit unvollständigen fetal Daten
- Sonografien mit unvollständigen biometrischen Daten (Ausnahme ATD und AAP – da diese in den meisten Formeln nicht verwendet werden)
- Sonografien die mehr als 7 Tagen vor Geburtsdatum durchgeführt wurden

4.2. Studienablauf

4.2.1. Sonografie

Sonografisch untersucht wurden die Patientinnen im Universitätsklinikum Jena in der Abteilung für Geburtshilfe. Der Ultraschall wurde aufgrund einer routinemäßigen Kontrolle, z.B. bei der Geburtsanmeldung durchgeführt.

Während der Ultraschalluntersuchung wurden der BPD, FOD, KU, ATD, AAP, AU und die FL zur Errechnung des fetal Schätzwichts gemessen. Im Folgenden werden die gemessenen biometrischen Daten genauer beschrieben.

Biparietaler Durchmesser (BPD), Frontookzipitaler Durchmesser (FOD) und Kopfumfang (KU)

Bei der Messung des BPD ist es wichtig die richtige Ebene im Ultraschallbild darzustellen. Dabei handelt es sich um einen strikten Transversalschnitt durch den fetalen Schädel. Hierbei müssen die Thalamuskern und das Cavum septi pellucidi dargestellt werden (Abb. 4). Die Ebene würde zu kranial liegen, wenn die Falx cerebri im frontalen Abschnitt durchgehend erkennbar wäre. Zusätzlich darf das Kleinhirn nicht sichtbar sein, da sonst die Ebene zu kaudal liegt. In Deutschland wird der biparietale Durchmesser an der breitesten Stelle, rechtwinklig zur Mittellinie, vom äußersten Rand des proximalen knöchernen Schädels bis zum äußeren Rand des distalen Schädels gemessen. In der gleichen Ebene wird der FOD in der Mittellinie, zwischen den äußeren Rändern des Schädels, ausgemessen (Abb. 4). [26]



Abb. 4: Messung Biparietaler Durchmesser, Frontookzipitaler Durchmesser und Kopfumfang in der korrekten Schnittebene [8]

Beim Kopfumfang wird der gleiche Transversalschnitt wie bei der Messung von BPD / FOD zur Hilfe genommen (Abb. 4). Zur Berechnung existieren im Wesentlichen zwei Möglichkeiten:

Zum einen kann er berechnet werden, hierzu benötigt man die Messung des BPD und des FOD. Mit diesen beiden Messwerten kann mit der Formel $KU = \pi ((BPD^2 + FOD^2)/2)^{1/2}$ der Kopfumfang berechnet werden. Heutzutage wird diese Berechnung meist durch die modernen Ultraschalldokumentationssysteme übernommen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass an manchen Ultraschallgeräten direkt eine Ellipsenform auf den Bildausschnitt gelegt werden

kann. Dabei ist es wichtig auf die korrekte Lage dieser Form zu achten, indem keine Hautanteile des Kopfes mit eingeschlossen werden. Ansonsten könnte der Kopfumfang fälschlicherweise zu groß gemessen werden. Mithilfe dieser Form kann man dann direkt den Wert ablesen. [26]

Abdomenumfang (AU), Abdomenlängsdurchmesser (AAP) und Abdomenquerdurchmesser (ATD)

Der Abdomendurchmesser des Feten ist meist schwerer zu messen als die Maße des Kopfes. Dies liegt daran, dass das Abdomen nicht symmetrisch ist, keine echogene Begrenzung und eine Formveränderung bei der fetalen Atembewegung aufweist. Auch hier ist der strikte Transversalschnitt mit möglichst runder Form die richtige Darstellungsebene. Zusätzlich sollte die Magenblase dargestellt werden und die orthogonal angeschnittene Umbilikalvene sollte zwischen dem vorderen und mittleren Drittel des Abdomens erkennbar sein. In dieser Darstellung zeigen sich die Wirbelkörper und die Rippen symmetrisch (Abb. 5). Zu kranial wäre die Darstellungsebene, wenn das fetale Herz oder Lungenanteile zu sehen ist und zu kaudal, wenn Nierenanteile oder der Nabelschnuransatz erkennbar ist. Zur Bestimmung des Abdomenumfangs existieren auch hier zwei Möglichkeiten. Zum einen kann er berechnet werden. Hierzu werden zunächst zwei rechtwinklig zueinander liegende Durchmesser bestimmt. Der Abdomenlängsdurchmesser (AAP) liegt dabei in einer rein anterior-posterioren Lage. Der Abdomenquerdurchmesser (ATD) befindet sich rechtwinklig dazu. Bei beiden gilt der äußere Rand der Haut als Begrenzung dieser Ausmessung.

Mit diesen beiden Messwerten und der Kreisformel $AU = \pi ((AAP + ATD)/2)$ kann der Abdomenumfang dann berechnet werden, was auch in diesen Fällen meist die modernen Ultraschalldokumentationssysteme übernehmen. Eine weitere Möglichkeit besteht auch hier darin, dass an manchen Ultraschallgeräten, bei der Bestimmung des Abdomenumfangs, eine Ellipsenform auf den Bildausschnitt gelegt werden kann. Diese Methode scheint, durch verschiedene Studien bewiesen, zu verlässlichere Ergebnisse zu liefern. [26]



Abb. 5: Messung des Abdomenumfangs in der korrekten Schnittebene [9]

Femurlänge (FL)

Zuverlässig kann die Femurlänge ab der 10. SSW gemessen werden. Hierbei wird der knöcherne Anteil ausgemessen. Dabei wird der, zum Schallkopf näher gelegene, Femur genutzt. Gemessen wird die Diaphyse in ihrer längsten Ausdehnung, jedoch ohne Einbeziehung des Femurkopfes und der Epiphyse. Im Bildausschnitt sollte der Femur möglichst horizontal verlaufen (Abb. 6). Im vertikalen Verlauf würde, aufgrund der hohen Dichte des Knochens, fälschlicherweise eine kürzere Femurlänge gemessen werden. [26]



Abb.6: Korrekte Messung der Femurlänge [10]

4.2.2. Datenerhebung

Während der gesamten Zeit der Datenerhebung wurde auf die oben genannten Ein- und Ausschlusskriterien geachtet. Zunächst erfolgte die Sichtung der Geburtenbücher der Jahre 2010 bis 2012. Dabei wurden folgenden Daten erhoben und in eine Excel-Datenbank eingegeben:

Mütterliche Daten

- Patientencode (wegen des Datenschutzes)
- Name und Vorname
- Geburtsdatum und Alter

schwangerschaftsassozierte Daten

- Gravität und Parität

Daten des Neugeborenen

- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Gewicht und Körperlänge bei Geburt

Parallel wurden die Frauen im Ultraschalldokumentationsprogramm „View-Point“ gesucht und folgende Daten, sofern angegeben, ergänzt:

Mütterliche Daten

- Größe, Gewicht bei Anamnese und BMI

schwangerschaftsassozierte Daten

- Schwangerschaftswoche (in Wochen und Tagen) sowie Schwangerschaftstage bei Geburt

Untersuchungsdaten

- Datum der Sonografie
- Schwangerschaftswoche (in Wochen und Tagen) sowie Schwangerschaftstage am Sonografietermin
- Wehentätigkeit bei Sonografie (vorhanden ja/nein)
- Biometrische Daten: BPD, FOD, KU, ATD, AAP, AU und Femurlänge
- Kindslage, Plazentasitz, Fruchtwassermenge am Sonografietermin
- Pulsatility Indices der A. umbilicalis, A. cerebri media und der beiden A. uterina mit oder ohne „Notch-Phänomen“

4.2.3. Datenverarbeitung

Anschließend wurden die Daten durch die Perzentilen der postnatal gewonnenen Geburtsgewichte ergänzt. Grundlage dafür waren die Tabellen über die Perzentilenwerte des Geburtsgewichts von Knaben und Mädchen (jeweils für Einlinge) [31]. In Abb. 7 sind diese Perzentilenkurven für beide Geschlechter dargestellt.

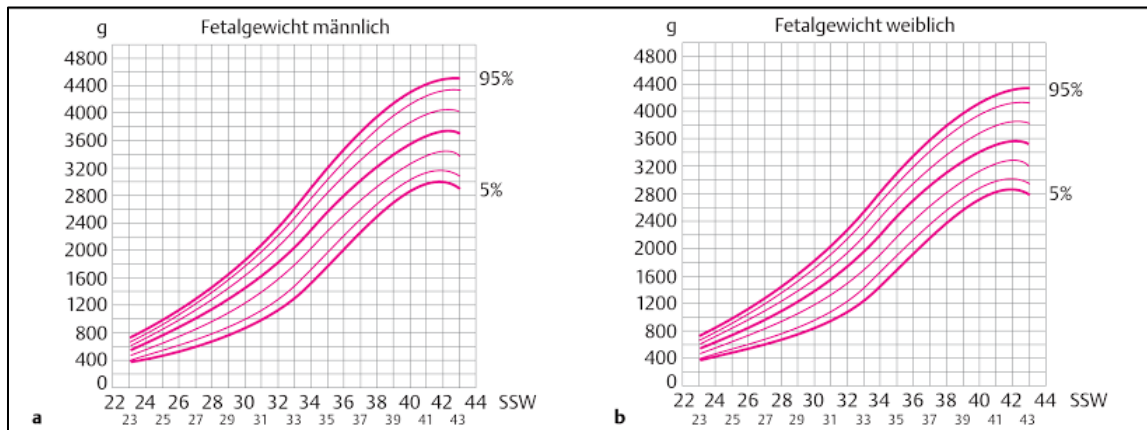


Abb. 7: Perzentilenkurven des Geburtsgewichtes (5., 10., 25., 50., 75., 90., 95. Perzentile) nach dem Geschlecht. [7]

Außerdem wurden der Abdomenumfang und die Femurlänge in Bezug zur jeweilig dazugehörenden 5. Perzentile beurteilt (Abb. 8, 9).

GA (weeks)	Abdominal circumference (mm)		
	50th centile	5th centile	95th centile
12	55.8	49.0	62.6
13	67.4	59.6	75.2
14	78.9	70.1	87.7
15	90.3	80.5	100.1
16	101.6	90.9	112.4
17	112.9	101.1	124.7
18	124.1	111.3	136.9
19	135.2	121.5	149.0
20	146.2	131.5	161.0
21	157.1	141.4	172.9
22	168.0	151.3	184.7
23	178.7	161.0	196.4
24	189.3	170.6	208.0
25	199.8	180.1	219.5
26	210.2	189.5	230.8
27	220.4	198.8	242.1
28	230.6	207.9	253.2
29	240.5	216.9	264.2
30	250.4	225.8	275.0
31	260.1	234.5	285.7
32	269.7	243.1	296.3
33	279.1	251.5	306.7
34	288.4	259.8	317.0
35	297.5	267.9	327.0
36	306.4	275.8	337.0
37	315.1	283.6	346.7
38	323.7	291.2	356.3
39	332.1	298.6	365.7
40	340.4	305.8	374.9
41	348.4	312.9	383.9
42	356.2	319.7	392.7

Abb. 8: Größentabelle Abdomenumfang nach Chitty et al. [3]

GA (weeks)	Femur length (mm)		
	50th centile	5th centile	95th centile
12	7.7	4.8	10.6
13	10.9	7.9	13.9
14	14.1	11.0	17.2
15	17.2	14.0	20.4
16	20.3	17.0	23.6
17	23.3	19.9	26.7
18	26.3	22.8	29.7
19	29.2	25.6	32.8
20	32.1	28.4	35.7
21	34.9	31.1	38.6
22	37.6	33.8	41.5
23	40.3	36.4	44.3
24	42.9	38.9	47.0
25	45.5	41.4	49.6
26	48.0	43.7	52.2
27	50.4	46.0	54.7
28	52.7	48.3	57.1
29	55.0	50.4	59.5
30	57.1	52.5	61.7
31	59.2	54.5	63.9
32	61.2	56.4	66.0
33	63.1	58.2	68.0
34	64.9	59.9	69.9
35	66.6	61.5	71.7
36	68.2	63.0	73.4
37	69.7	64.4	75.0
38	71.1	65.7	76.5
39	72.4	66.9	77.9
40	73.6	68.0	79.1
41	74.6	68.9	80.3
42	75.6	69.8	81.3

Abb. 9: Größentabelle Femurlänge nach Chitty et al. [4]

Weiterhin wurden die Formeln für die Gewichtschätzung von Hadlock, Warsof, Shepard, Merz, Schild, Schillinger, Hansmann, Higginbottom, Campbell und Wilkin, Holländer, Thurnau, Schuhmacher sowie Ott in die Tabelle eingegeben und die Schätzwerte berechnet. Eine Dezimalstelle der biometrischen Daten wurde hierbei berücksichtigt.

In einem weiteren Schritt wurden die gesamten Daten in das Statistikprogramm SPSS (Statistic Program for Social Sciences) der Firma SPSS Inc. Chicago, Illinois übertragen. Mit Hilfe dieses Programms ließ sich nun die statistische Auswertung der gesammelten Daten durchführen und die Formeln vergleichen.

4.3. Beschreibung des Patientenkollektivs

Insgesamt wurden 2231 Patientinnen mit Einlingsschwangerschaften, die alle die Einschlusskriterien erfüllen, erfasst. Darunter befanden sich 80 Neugeborene (3,6%) mit einer sonografisch erfassten Femurlänge unter der 5. Perzentile. Die folgende Beschreibung des Patientenkollektivs bezieht sich nun auf diese 80 Fälle. Die 47 Jungen und 33 Mädchen wurden zwischen der 27. und 42. Woche geboren, wobei insgesamt 28 Kinder unter der 37. Woche geboren wurden. 33 Kinder des Kollektivs (22 Jungen und 11 Mädchen) wurden als zu klein für ihr Gestationsalter (SGA) und 2 Kinder (alles Jungen) als zu groß für ihr Gestationsalter (LGA) eingestuft. Die Gewichte der Kinder lagen zwischen 515g und 4930g, mit einem Mittel von 2549g (Median 2720g).

4.3.1. Schwangerschaft

Schwangerschaftswochen

Die Schwangerschaftswochen bei Geburt erstrecken sich im Kollektiv von der 27. bis zur 42. abgeschlossenen Schwangerschaftswoche (Abb. 10).

Am Termin (40+0 SSW) wurden genau 2 Kinder (2,5%) geboren. Zwischen der 37. und 41. abgeschlossenen Woche wurden 62,5% geboren.

Im Kollektiv gab es insgesamt 28 Frühgeburten (35%), jedoch nur 2 Kinder mit 42+ Wochen.

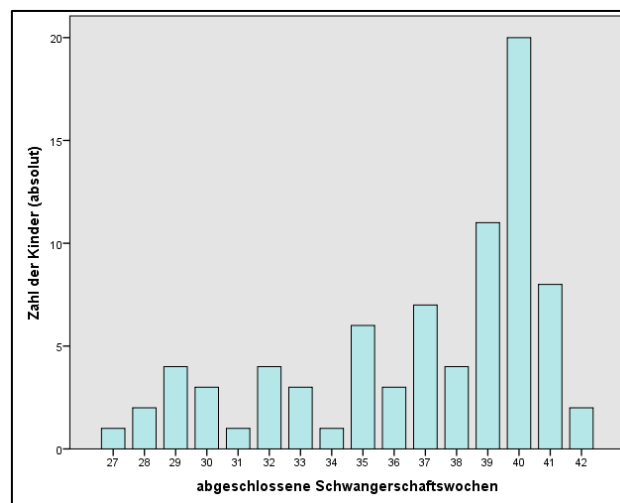


Abb. 10: Abgeschlossene Schwangerschaftswochen bei der Geburt

Abstand der Sonografie zur Geburt

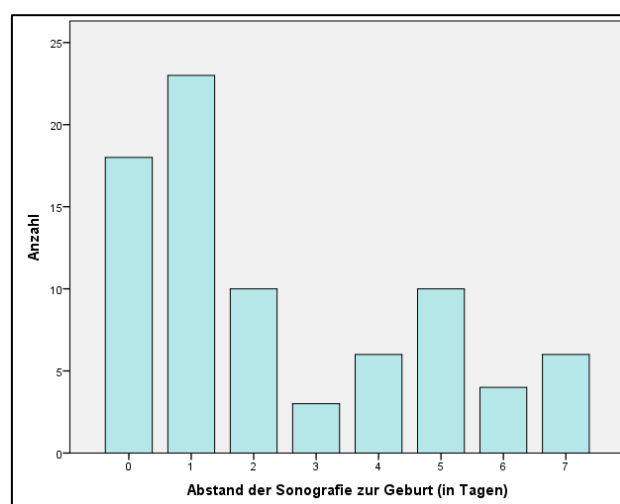


Abb. 11: Abstand der Sonografie zur Geburt

Der Abstand von Fetometrie zur Geburt betrug maximal 7 Tage. Im Durchschnitt betrug der Abstand zur Geburt 2,4 Tage. Bei 51,2% der Kinder erfolgte die Ultraschalluntersuchung innerhalb eines Tages vor Geburt. (Abb. 11).

4.3.2. Kindliche Daten

Die tatsächlichen Geburtsgewichte der Kinder in diesem Kollektiv weisen eine große Bandbreite auf (Abb. 12). Im Mittel wogen die Kinder 2549g, wobei das leichteste 515g und das schwerste Kind 4930g wog. Der Median beträgt 2720g.

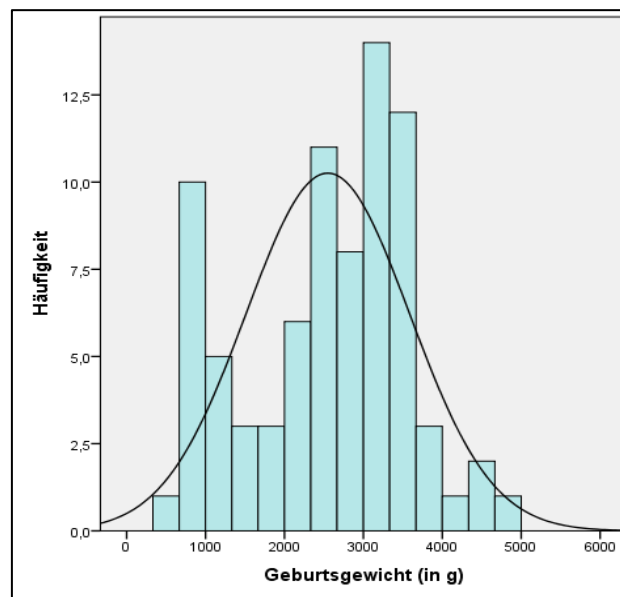


Abb. 12: Verteilung der Geburtsgewichte im Kollektiv

Die Perzentilen der Kinder in diesem Kollektiv weisen ebenfalls eine große Bandbreite auf (Abb. 13). Im Mittel befanden sich die Kinder in der 24. Perzentilen, der Median lag bei der 15. Perzentile.

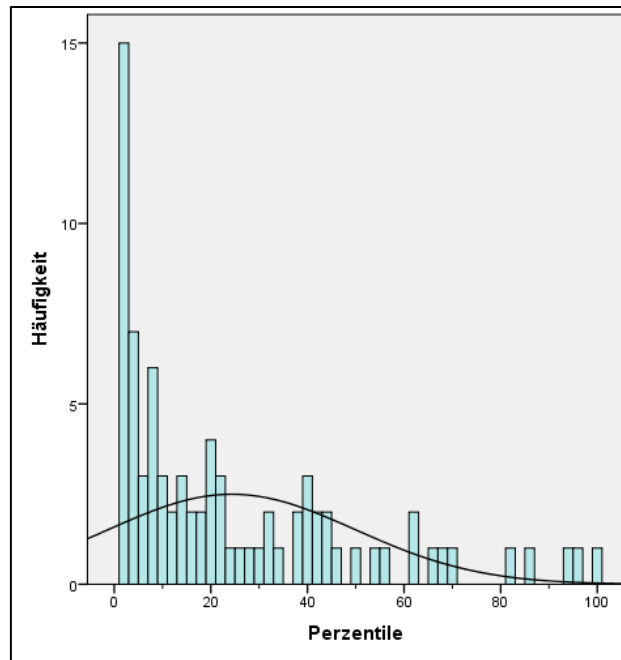


Abb. 13: Verteilung der Perzentilen im Kollektiv

Im gesamten Kollektiv befinden sich 47 Jungen (58,75%) und 33 Mädchen (41,35%).

Nach Geschlechtern aufgeteilt, fällt eine deutliche Rechtsverschiebung der Gewichte der Mädchen auf (Abb. 14). Das mittlere Gewicht bei Jungen liegt bei 2487g, bei den Mädchen bei 2637g, also 150g mehr als bei den Jungen. Betrachtet man die Mediane, so sind die Mädchen mit 2750g, 60g schwerer als die Jungen mit 2690g. Auch bei der Betrachtung der Perzentilen zeigt sich diese Rechtsverschiebung (Abb. 15).

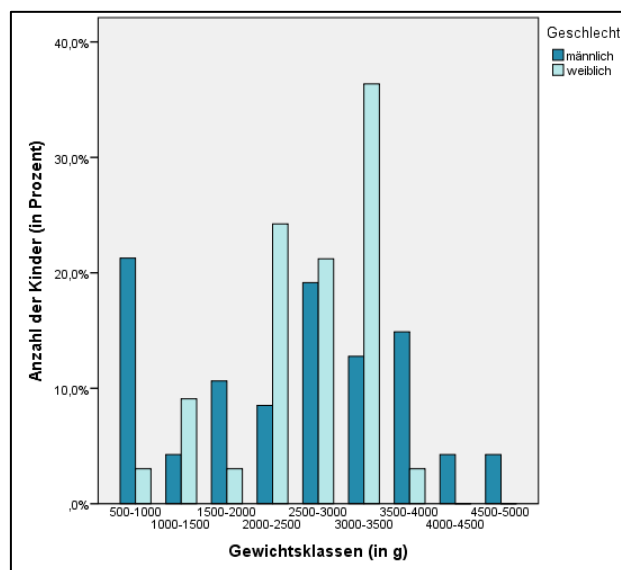


Abb. 14: Verteilung der Gewichte aufgeteilt nach dem Geschlecht

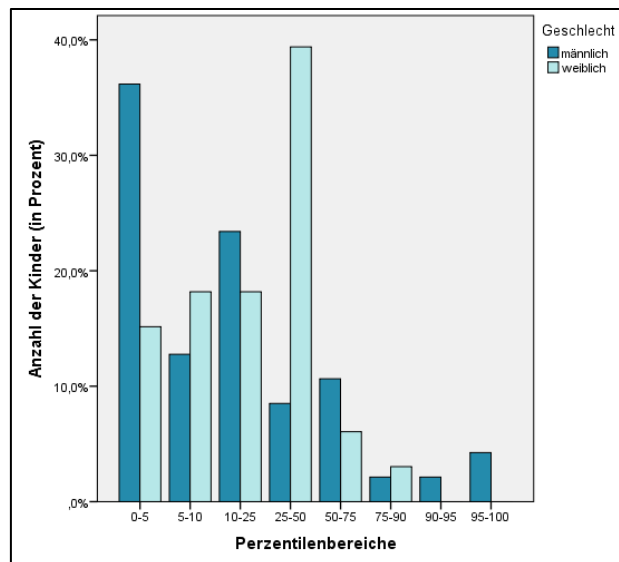


Abb. 15: Verteilung der Perzentilen aufgeteilt nach dem Geschlecht

Frühgeburten

Unter den 80 Neugeborenen wurden 28 Kinder vor der 37. SSW geboren und gelten somit als Frühgeburten. Das mittlere Gewicht der Frühgeborenen betrug 1400g, wobei das Leichteste mit 515 g und das Schwerste mit 2790g geboren wurden. Die 19 männlichen Frühgeborenen wogen auch hier im Mittel (1259g) 438g weniger als die 9 weiblichen (1697g).

Die mittlere Perzentile der Geburtsgewichte der Frühgeborenen betrug 13 und der Median lag bei der 5. Perzentile, wobei die erste Perzentile als geringste und die 65. Perzentile als höchste in der Gruppe der Frühgeburten vertreten war. Die 19 männlichen Frühgeborenen befanden sich im Mittel in der 9. Perzentile und im Median in der 4. Perzentile. Damit waren diese geringer als die Perzentilen der 9 Weiblichen, welche sich im Mittel in der 21. Perzentile und im Median in der 9. Perzentile befanden.

SGA- und LGA- Kinder

Als nächstes wurden die Kinder nach Geburtsgewicht, Schwangerschaftswoche und Geschlecht in die Perzentilenkurven von Voigt-Schneider [31] eingetragen. Anschließend wurden sie in folgende Gruppen aufgeteilt <5. Perzentile, 5. bis 10. Perzentile, 10. bis 90. Perzentile, 90. bis 95. Perzentile und >95. Perzentile.

33 Kinder (41,3%) lagen bei Geburt unter der 10. Perzentile und wurden demnach als „small for gestational age“ eingestuft. Das Gewicht der Kinder lag zwischen 515g und 3000g, mit einem Mittel von 1826g (Median 1200g). Die Tragezeit der Neugeborenen betrug im Mittel 35 abgeschlossene Schwangerschaftswochen, wobei 17 Kinder unter der 37. SSW geboren

wurden. 52% der SGA-Kinder waren demzufolge auch Frühgeborene. Unter den „zu klein für ihr Alter“-Kindern fanden sich 22 Jungen und 11 Mädchen. Insgesamt gelten also 47% der Jungen und 33,3% der Mädchen als zu klein.

2 Kinder lagen über der 95. Perzentile und wurden demnach als „large for gestational age“ eingestuft. Ihr Gewicht betrug im Mittel 4793g (Median 4655g), mit einem leichtesten Kind von 4655g und einem schwersten von 4930g. Das mittlere Schwangerschaftsalter dieser Neugeborenen betrug 42 Wochen, wobei kein Kind frühgeboren war. Bei den LGA-Kindern handelt sich ausschließlich um Jungen. Der Anteil der „zu großen“-Kinder bei den Jungen beträgt somit 4,2%.

Abbildung 16 fasst alle Aussagen über die Perzentileneinteilungen und die Geburtsgewichte zusammen. 24,2% der SGA-Kinder befinden sich in den Gewichtsbereich 500-1000g, 15,2% im Bereich 1000-1500g, 12,1% im Bereich 1500-2000g, 12,2% im Bereich 2000-2500g und 27,3% im Bereich 2500-3000g. Bei den LGA-Kindern befinden sich beide Kinder im Bereich über 4500g.

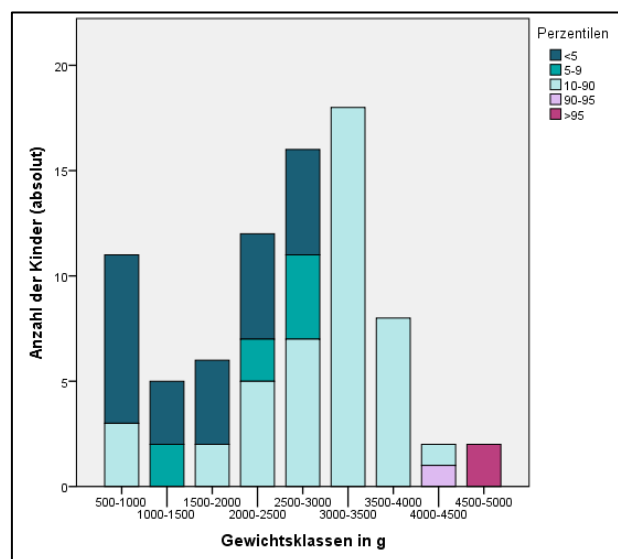


Abb. 16: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen und Gewichtsklassen

Es wird deutlich, dass SGA-Kinder auch im Gewichtsbereich über 2500g zu finden sind, LGA-Kinder hingegen finden sich nicht in Bereichen unter 4000g. Ebenso wird ersichtlich, dass „zu kleine“-Neugeborene auch in höheren Schwangerschaftswochen zu finden sind (Abb. 17).

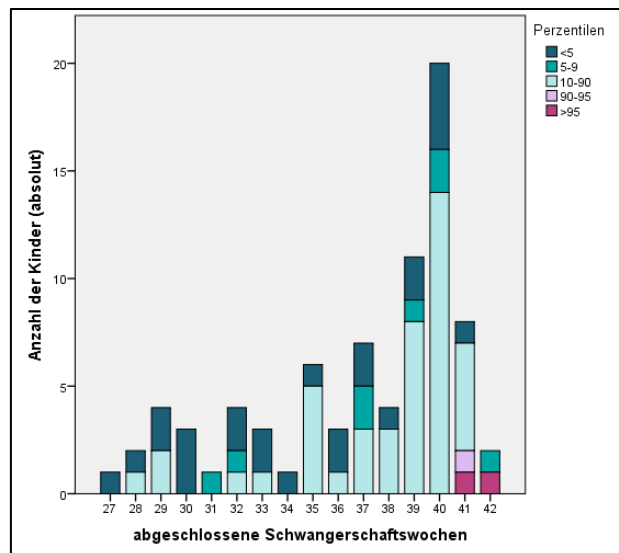


Abb. 17: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen und Schwangerschaftswochen

4.3.3. Biometrische Daten

Bei allen 80 Kindern konnten die Biometriedaten Biparietaler Durchmesser, Frontookzipitaler Durchmesser, Kopfumfang, Abdomenumfang und Femurlänge komplett erhoben werden. Bei 69 Kindern konnte zusätzlich der Abdomenquerdurchmesser und bei 72 noch der Abdomenlängsdurchmesser dokumentiert werden (Tab. 1).

Tab. 1: Werte der Biometriedaten des Kollektivs

Biometriemaß	Min [mm]	Max [mm]	Mittel [mm]	Median [mm]	SD [mm]
BPD	59,9	106,3	89,7	93,3	+/- 10,9
FOD	73,8	125,3	108,1	110,0	+/- 11,6
KU	210,6	354,3	311,4	319,4	+/- 34,5
ATD	52,4	130,3	94,3	95,9	+/- 18,6
AAP	57,5	132,3	93,4	96,5	+/- 17,8
AU	173	412,5	298,5	309,1	+/- 55,1
FL	38,9	68	60,4	63,1	+/- 7,3

4.3.4. Mütterliche Daten

Alter

Das mütterliche Alter bei Geburt erstreckte sich von 16 bis 46 Jahren mit einem Mittel von 29 Jahren. Die Verteilung des mütterlichen Alters ist in Abb. 18 ersichtlich. 12 Mütter (15%) waren über 35 Jahre bei der Geburt. Bei den makrosomen Kindern lag der Anteil an Mütter

über 35 Jahren bei 33,3%, bei den wachstumsretardierten Kindern hingegen nur bei 17,6%. Mit 29 Jahren im Mittel waren die Mütter der Jungen gleich alt wie die Mütter der Mädchen. Auch der Anteil der Mütter über 35 ist mit 14,9% bei den Müttern der Jungen und 15,2% bei den Müttern der Mädchen nicht signifikant unterschiedlich.

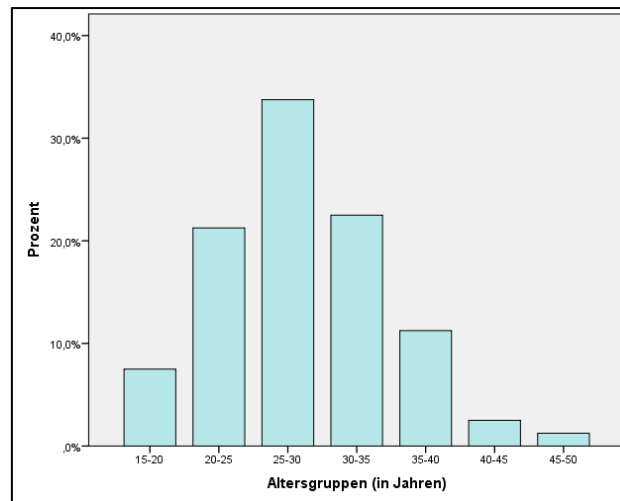


Abb. 18: Verteilung des mütterlichen Alters im Kollektiv

Parität

58,8% der Mütter waren erstgebärend, für 26,3% war dies das zweite Kind, für 11,3% das dritte und für jeweils 1,3% sogar das vierte, fünfte oder sechste Kind (Abb. 19). Bei Müttern von wachstumsretardierten Kindern waren 14 Frauen (41,2%) mehrgebärend, bei den Müttern von makrosomen Kindern hingegen waren es 2 Frauen (66,7%).

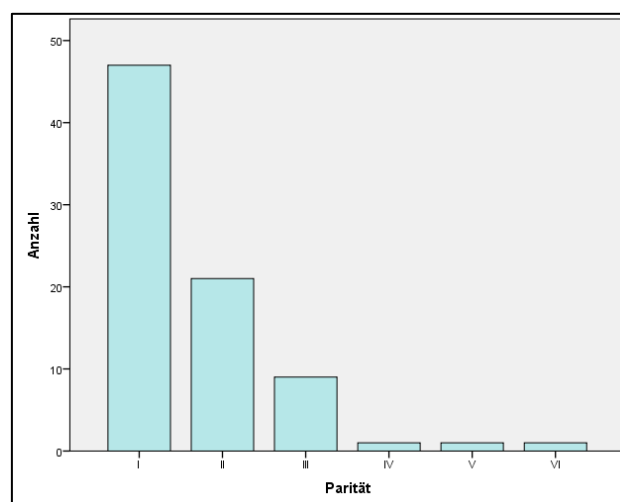


Abb. 19: Parität der Mütter nach der Entbindung

4.4. Verwendete Schätzformeln

Die verwendeten Formeln sollen nun noch einmal alle zusammengefasst werden (Tab. 2). Die Entwicklung dieser Gewichtsschätzformeln wurde schon im Kapitel 2.3.3. genauer beschrieben.

Tab. 2: Überblick über die, in der Arbeit verwendeten, Schätzformeln

Gewichtsformeln	Verwendete Maße	Formel
Hadlock I [8]	BPD, KU, AU, FL (cm, g)	$\log_{10} G = 1,3596 - 0,00386 \times AU \times FL + 0,0064 \times KU + 0,00061 \times BPD \times AU + 0,0424 \times AU + 0,174 \times FL$
Hadlock II [8]	AU, FL (cm, g)	$\log_{10} G = 1,304 + 0,05281 \times AU + 0,1938 \times FL - 0,004 \times AU \times FL$
Hadlock III [8]	BPD, AU, FL (cm, g)	$\log_{10} G = 1,335 - 0,0034 \times AU \times FL + 0,0316 \times BPD + 0,0457 \times AU + 0,1623 \times FL$
Hadlock IV [8]	KU, AU, FL (cm, g)	$\log_{10} G = 1,326 - 0,00326 \times AU \times FL + 0,0107 \times KU + 0,0438 \times AU + 0,158 \times FL$
Hadlock V [7]	KU, AU, FL (cm, g)	$\log_{10} G = 1,5662 - 0,0108 \times KU + 0,0468 \times AU + 0,171 \times FL + 0,00034 \times KU^2 - 0,003685 \times AU \times FL$
Warsof [32]	BPD, AU (cm, kg)	$\log_{10} G = -1,599 + 0,144 \times BPD + 0,032 \times AU - 0,111 \times (BPD^2 \times AU) / 1000$
Shepard [25]	BPD, AU (cm, kg)	$\log_{10} G = -1,7492 + 0,166 \times BPD + 0,046 \times AU - 2,646 \times (AU \times BPD) / 1000$
Merz [14]	BPD, AU (cm, g)	$G = -3200,40479 + 157,07186 \times AU + 15,90391 \times BPD^2$
Schild weiblich [21]	BPD, AU, FL (cm, g)	$G = -4035,275 + 1,143 \times BPD^3 + 1159,878 \times AU^{1/2} + 10,079 \times FL^3 - 81,277 \times FL^2$
Schild männlich [21]	BPD, KU, AU, FL (cm, g)	$G = 43576,579 + 1913,853 \times \log_{10} BPD + 0,01323 \times KU^3 + 55,532 \times AU^2 - 13602,664 \times AU^{1/2} - 0,721 \times AU^3 + 2,31 \times FL^3$
Schillinger [11]	BPD, AM* (cm, g)	$G = 397,7 \times (BPD + AM/2) - 4387$
Hansmann [9]	BPD, ATD (cm, kg)	$G = -1,05775 \times BPD + 0,649145 \times ATD + 0,0930707 \times BPD^2 - 0,020562 \times ATD^2 + 0,515263$
Higginbottom [10]	AU (cm, g)	$G = 0,0816 \times AU^3$
Campbell und Wilkin [2]	AU (cm, kg)	$\log_e G = -4.564 + 0,282 \times AU - 0,00331 \times AU^2$
Holländer [12]	BPD, AM* (mm, g)	$G = 7,344 \times BPD + 55,056 \times AM - 3270$
Thurnau [29]	BPD, AU (cm, g)	$G = (BPD \times AU \times 9,337) - 299$
Schuhmacher [24]	BPD, ATD, SSW (mm, g)	$G = -0,001665958 \times ATD^3 + 0,4133629 \times ATD^2 - 0,5580294 \times ATD - 0,01231535 \times BPD^3 + 3,702 \times BPD^2 - 330,18110 \times BPD - 0,49371990 \times SSW^3 + 55,958061 \times SSW^2 - 2034,3901 \times SSW + 32768,19$
Ott [15]	KU, AU, FL (cm, kg)	$G = -2,0661 + 0,04355 \times KU + 0,05394 \times AU - 0,0008582 \times KU \times AU + 1,2594 \times FL/AU$

*AM= (ATD + AAP)/2

4.5. Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS durchgeführt. Es erfolgte vor der statistischen Auswertung keine Bereinigung des Kollektivs.

4.5.1. Allgemein

Alle gesammelten Daten wurden deskriptiv erfasst. Minimum, Maximum, Mittelwert, Median und Standardabweichung wurden berechnet. Einige Zusammenhänge wurden mittels Kreuztabelle genauer betrachtet. Zur graphischen Darstellung dieser ersten Auswertungen wurden vor allem Säulendiagramme verwendet und teilweise mittels Gauß'schen Verteilungskurve ergänzt.

4.5.2. Bland-Altman Plot

Die Ergebnisse in Bezug auf die geeigneten Formeln wurden mittels Bland-Altman Plot dargestellt. Dieses Diagramm ist eine graphische Darstellungsmethode für den Vergleich von zwei Messmethoden. In dieser Dissertation speziell den Vergleich von tatsächlichen Geburtsgewicht und Schätzwert der jeweiligen Formel.

Bei einem Bland-Altman-Plot werden auf der x-Achse die Mittelwerte der beiden Verfahren, in unserem Fall die tatsächlichen Geburtsgewichte, aufgetragen. Auf der y-Achse befinden sich die Differenzen zwischen den beiden Methoden, also die

$$\text{Differenz} = \text{tatsächliches Geburtsgewicht} - \text{Schätzwert}$$

der jeweiligen Formel. Zusätzlich werden drei Linien eingezeichnet. Zum einen der Mittelwert der Differenz, welcher sich im Idealfall um 0 bewegen sollte. Und dann noch jeweils eine Linie bei dem Mittelwert der Differenz ± 2 Standardabweichung der Differenz (SD). [3]

Somit ist dieses Diagramm in der Lage die Verzerrung und Streuung der Daten zu berücksichtigen und hilft bei der Beurteilung von systematischen Abweichungen, also ob eine Methode prinzipiell zu hoch oder zu tief misst, von Ausreißer und die Abhängigkeiten der Varianz von den Messwertgrößen. Bei einer symmetrischen Verteilung der Differenzen sollten 95% der Werte im Bereich Mittelwert ± 2 SD liegen. [6]

In dieser Dissertation hilft uns die Darstellung soweit, dass das Diagramm der Formel, welche am besten das Gewicht voraussagen kann, so gestaltet ist, dass der Mittelwert der Differenzen nahe an Null liegt und der Bereich ± 2 SD möglichst schmal ist. Um die verschiedenen Darstellungen besser vergleichen zu können werden die Skalierungen genormt. Für die x-

Achse (das tatsächliche Geburtsgewicht) werden die Werte 0 bis 5000g festgelegt. Und für die y-Achse (die Differenz der Gewichte) wird der Bereich von -1500 bis 1500 festgesetzt.

4.5.3. Bestimmtheitsmaß

Die Vorhersagegenauigkeit der Geburtsgewichte der jeweiligen Formel wurde deskriptiv mittels Bestimmtheitsmaß (R^2) zusammengefasst. Es gibt an (in %) wie viel Variation des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die jeweilige Formel erklärt wird. Dabei gilt stets $0 \leq R^2 \leq 1$, wobei 1 die perfekte Vorhersage bedeuten würde. Es wird wie folgt bestimmt:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

y_i = das tatsächliche Geburtsgewicht des i-ten Kindes

\bar{y} = Mittelwert der tatsächlichen Geburtsgewichte

\hat{y} = mit der jeweiligen Formel geschätztes Geburtsgewicht

[5]

Die verschiedenen Berechnungsmethoden wurden anschließend anhand des Bestimmtheitsmaßes wie folgt kategorisiert: Kategorie 1 mit Bestimmtheitsmaßen von 90 bis 100%, Kategorie 2 mit Bestimmtheitsmaßen von 85 bis <90%, Kategorie 3 mit Bestimmtheitsmaßen von 80 bis <85%, Kategorie 4 mit Bestimmtheitsmaßen von 75 bis <80% und Kategorie 5 von 0 bis <75%.

Die Aussage, welche der untersuchten Formeln am besten das tatsächliche Geburtsgewicht vorhersagen kann, ist allerdings auf die erhobenen Daten dieser Dissertation beschränkt.

Da bei den Formeln Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher die nötigen Parameter wie Abdomenlängsdurchmesser (AAP) und Abdomenquerdurchmesser (ATD) bei einigen Datensätzen fehlen oder bei den Formeln von Schild nur geschlechtsspezifisch die Schätzwerte verwendet werden können, gehen, je nach Formel, für die Berechnung unterschiedliche Fallzahlen ein. Dies sind für Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher jeweils nur 69 statt 80 Fälle, bei Formel von Schild für männliche Feten 47 statt 80 und bei Schild für weibliche Feten nur 33 Fälle, welche in die Berechnung mit eingehen. Dadurch resultiert eine gewisse eingeschränkte Vergleichbarkeit.

Es wurden in Rahmen der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes noch andere Kollektive betrachtet. Ausgangspunkt waren jedoch bei allen, die Fälle mit einer Femurlänge unter der 5. Perzentile, also 80 Kinder.

Als 2. Kollektiv wurden die Kinder ausgewählt, welche ein tatsächliches Geburtsgewicht unter der 10. Perzentile aufwiesen und damit als SGA-Kinder gelten. Damit waren 27 Fälle eingeschlossen. Für die Formeln Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher gegen davon jeweils 25 von 27 Fällen in die Berechnung mit ein. Bei der Formel von Schild für männliche Feten 16 statt 27 und bei Schild für weibliche Feten nur 11 Fälle.

Als 3. Kollektiv wurden wiederum die Kinder aus dem 2. Kollektiv genommen, also die SGA-Kinder, und überprüft ob diese eine IUGR hatten. Dabei wurde geschaut, ob sie in der Fruchtwasserbestimmung eine Oligo- oder Anhydramnion aufweisen und/oder einen pathologischen Dopplerbefund zeigten. Dabei wurde der PI der A. umbilicalis sowie der beiden Aa. uterinae begutachtet. War einer dieser Werte pathologisch wurden diese Fälle als IUGR mit eingeschlossen. Eine Wachstumsabflachung, welche noch als ein Kriterium einer IUGR gilt konnte anhand der erhobenen Daten nicht identifiziert werden. Um die Pulsatilitätsindices bewerten zu können wurden die Kurven, welche in den Abb. 20 und 21 zu sehen sind zur Hilfe genommen. Alle Werte größer der 95. Perzentile wurden als pathologisch angesehen.

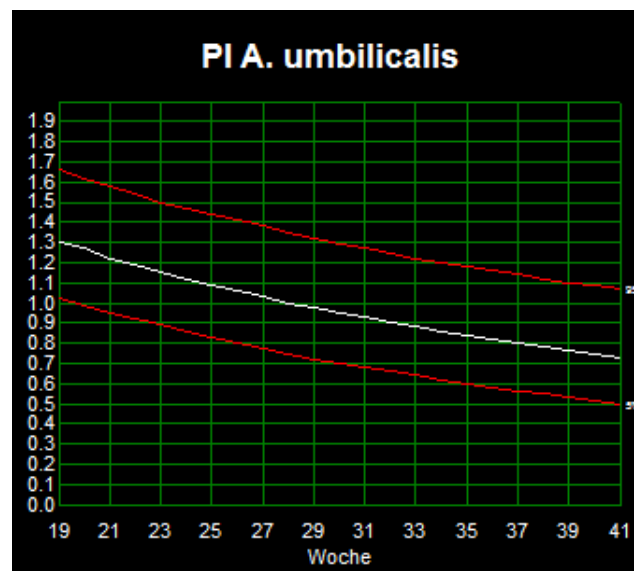


Abb. 20: PI der Arteria umbilicalis in Abhängigkeit von der SSW. [1]

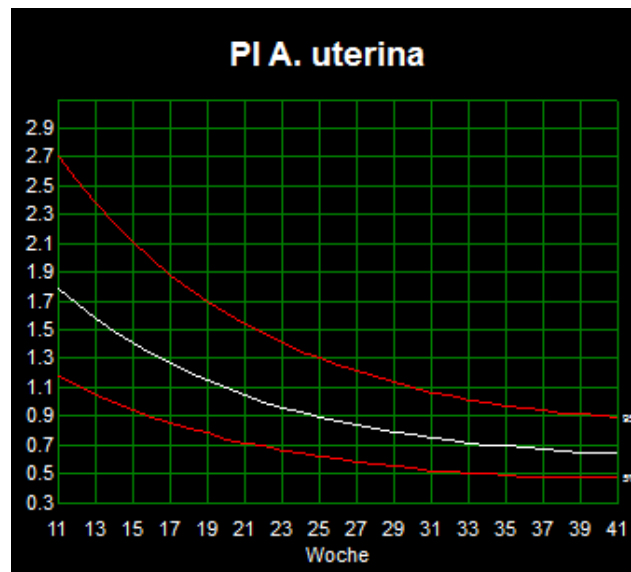


Abb. 21: PI der Arteria uterina in Abhängigkeit von der SSW. [2]

Damit waren 19 Fälle eingeschlossen. Für die Formeln Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher gehen jeweils 18 von 19 Fällen in die Berechnung mit ein. Bei der Formel von Schild für männliche Feten 12 statt 19 und bei Schild für weibliche Feten nur 7 Fälle.

Im 4. Kollektiv wurden die gleichen Kriterien der IUGR (Oligo- oder Anhydramnion, pathologischer Doppler) auf alle Kinder mit einer Femurlänge unter der 5. Perzentile angewendet. Obwohl formal zur Definition der IUGR die Perzentile des Geburtsgewichtes unter der 10. Perzentile liegen sollte, wurden auch andere Geburtsgewicht-Perzentilen mit eingeschlossen und das Bestimmtheitsmaß bestimmt.

Dabei waren 41 Fälle eingeschlossen. Für die Formeln Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher gehen jeweils 39 von 41 Fällen in die Berechnung mit ein. Bei der Formel von Schild für männliche Feten 25 statt 41 und bei Schild für weibliche Feten nur 16 Fälle.

5. Ergebnisse

In dem untersuchten Kollektiv, also die Feten mit Femurlängen unter der 5. Perzentile, ergab sich eine annähernd normale Verteilung der Geburtsgewichte. Es zeigte sich die ein erhöhtes Auftreten im Bereich von kleiner 1000g Geburtsgewicht. Betrachtet man die Perzentilen, ergibt sich ein deutlich vermehrtes Auftreten von Neugeborenen in den niedrigen Perzentilenbereichen (unter der 10. Perzentile), wodurch eine Normalverteilung nicht mehr ersichtlich ist. Dies wird jedoch dem geschuldet sein, dass die Auswahl von Daten anhand des Auftretens eines kurzen Femurs erfolgt ist. Dieser kurze Femur ist, wie im Kap. 2.1. schon beschrieben, oft in Zusammenhang mit einer IUGR oder auch SGA-Kindern zu sehen. Dadurch kommt wohl am ehesten der Anstieg im Bereich der unteren Geburtsgewichte und auch der niedrigen Perzentilen zu Stande.

Im gesamten selektierten Kollektiv zeigten sich 28 Frühgeburten (35%), also Geburten vor der 37. Schwangerschaftswoche. Es traten 34 SGA-Kinder (42,5%) mit Gewichten unter der 10. Perzentile auf. Dabei waren 53% der SGA-Kinder auch Frühgeborenen. Kinder, welche zu klein für ihr Alter geboren wurden, fanden sich allerdings auch bei höheren Tragezeiten.

SGA-Kinder traten auch in den oberen Gewichtsbereichen auf. Sie waren für die Tragezeit trotzdem noch zu klein.

Die Berechnung der Schätzwerte konnte bei Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher in 11 Fällen nicht durchgeführt werden, da die Daten bezüglich ATD und AAD fehlten. Die beiden Formeln nach Schild wurden geschlechtsspezifisch betrachtet. Daher resultierten für die Schild-Formel für weibliche Kinder 33 Schätzwerte und für die männlichen Kinder 47.

In Tab. 3 sind die Ergebnisse der Gewichtsschätzungen nach den verschiedenen Formeln deskriptiv zusammengefasst.

Tab. 3: Überblick über die deskriptive Statistik der Schätzformeln

Formel	N	Min [g]	Max [g]	Mittel [g]	Median [g]	SD [g]
Tatsächliches Gewicht	80	515	4930	2584,8	2720	+/- 1037,1
Hadlock I	80	523	4728	2404,3	2587,0	+/- 972,3
Hadlock II	80	504	4615	2306,3	2490,7	+/- 920,6
Hadlock III	80	530	4676	2430,6	2618,3	+/- 975,1
Hadlock IV	80	522	4553	2332,5	2502,3	+/- 919,5
Hadlock V	80	527	4552	2302,2	2457,9	+/- 911,9
Warsof	80	587	5033	2604,9	2836,3	+/- 1068,0
Shepard	80	615	5282	2744,6	2992,4	+/- 1117,2
Merz	80	128	4816	2786,7	3078,8	+/- 1133,7
Schild weiblich	33	990	3417	2596,8	2723,9	+/- 678,9
Schild männlich	47	1024	3569	2352,3	2655,6	+/- 834,3
Schillinger	69	264	4744	2885,2	3165,3	+/- 1121,5
Hansmann	69	372	4711	2828,0	3183,2	+/- 1060,2
Higginbottom	80	423	5727	2382,2	2409,9	+/- 1146,3
Campbell und Wilkin	80	509	4205	2502,4	2691,6	+/- 999,8
Holländer	69	211	4681	2536,7	2700,6	+/- 1054,5
Thurnau	80	702	3629	2250,1	2457,0	+/- 705,6
Schuhmacher	69	480	4511	2644,7	2953,4	+/- 1092,1
Ott	80	618	4353	2428,1	2589,8	+/- 879,5

Wenn man jetzt nur die reinen Mittelwerte betrachten würde, unterschätzen die Formeln Hadlock I-V, Higginbottom, Campbell und Wilkin sowie Holländer, Thurnau und Ott das tatsächliche Geburtsgewicht, bei einem Mittelwert der tatsächlichen Geburtsgewichte vom gesamten Kollektiv von 2548,8g.

Shepard, Warsof, Merz, Schillinger, Hansmann und Schuhmacher überschätzen es.

Betrachtet man den Mittelwert der tatsächlichen Geburtsgewichte der Mädchen mit 2637,1g, kann man sagen, die Formel von Schild für die weiblichen Neugeborenen überschätzt das tatsächliche Geburtsgewicht. Schild für die männlichen Neugeborenen unterschätzt bei einem Mittelwert von 2486,8g bei den Jungen. Die gleichen Gegebenheiten ergeben sich auch, wenn man die Mediane betrachtet.

5.1. Bland-Altman Plot

Zunächst werden die graphischen Darstellungen betrachtet. Hierzu wurden die

$$\text{Differenzen} = \text{tatsächliches Geburtsgewicht} - \text{geschätztes Gewicht}$$

berechnet und das Minimum, Maximum, der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Um das Diagramm noch zu ergänzen wurden auch die Werte errechnet, welche sich aus Mittelwert $\pm 2 \times$ Standardabweichung ergeben. Dies ist in der Tab. 4 ersichtlich.

Tab. 4: Überblick über die Differenzen der Schätzformeln

Formel	N	Min	Max	Mittel	SD	Mittel + 2SD	Mittel - 2SD
Differenz Hadlock I	80	-329	971	145	+/- 288	721	-432
Differenz Hadlock II	80	-283	1262	243	+/- 309	860	-375
Differenz Hadlock III	80	-331	970	118	+/- 287	691	-455
Differenz Hadlock IV	80	-232	1165	216	+/- 296	809	-376
Differenz Hadlock V	80	-189	1183	247	+/- 300	847	-354
Differenz Warsof	80	-761	675	-56	+/- 319	582	-694
Differenz Shepard	80	-960	553	-196	+/- 334	472	-863
Differenz Merz	80	-903	616	-238	+/- 331	425	-901
Differenz Schild weiblich	33	-248	540	40	+/- 195	430	-350
Differenz Schild männlich	47	-971	1361	135	+/- 512	1158	-889
Differenz Schillinger	69	-1034	520	-386	+/- 344	302	-1074
Differenz Hansmann	69	-964	726	-329	+/- 370	410	-1068
Differenz Higginbottom	80	-1297	1098	167	+/- 406	979	-646
Differenz Campbell und Wilkin	80	-677	1123	46	+/- 322	691	-598
Differenz Holländer	69	-603	969	-37	+/- 318	599	-674
Differenz Thurnau	80	-414	1651	299	+/- 415	1129	-531
Differenz Schuhmacher	69	-814	1049	-145	+/- 327	508	-799
Differenz Ott	80	-375	1167	121	+/- 308	737	-495

Zur besseren Beurteilung und Vergleichbarkeit der Diagramme wurden die Bereiche der Skalen normiert. Die Differenzen (auf der y-Achse) reichen von 1500g bis -1500g und die Geburtsgewichte (auf der x-Achse) von 0 bis 5000g.

Folgend wird auf die Diagramme für jede einzelne Formel eingegangen.

Hadlock I (Abb. 22)

Die Differenz bei Hadlock I beträgt im Durchschnitt 145g, also eine gewisse Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 971g und die größte Überschätzung bei -329g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -432 und 721g. Das heißt, dass die Schätzformel in 95% der Fälle einen Wert liefert, der bis zu 432g kleiner bzw. bis zu 721g größer ist als das tatsächliche Gewicht bei Geburt. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer. Das bedeutet: mit zunehmenden Geburtsgewicht schätzt Hadlock I immer ungenauer.

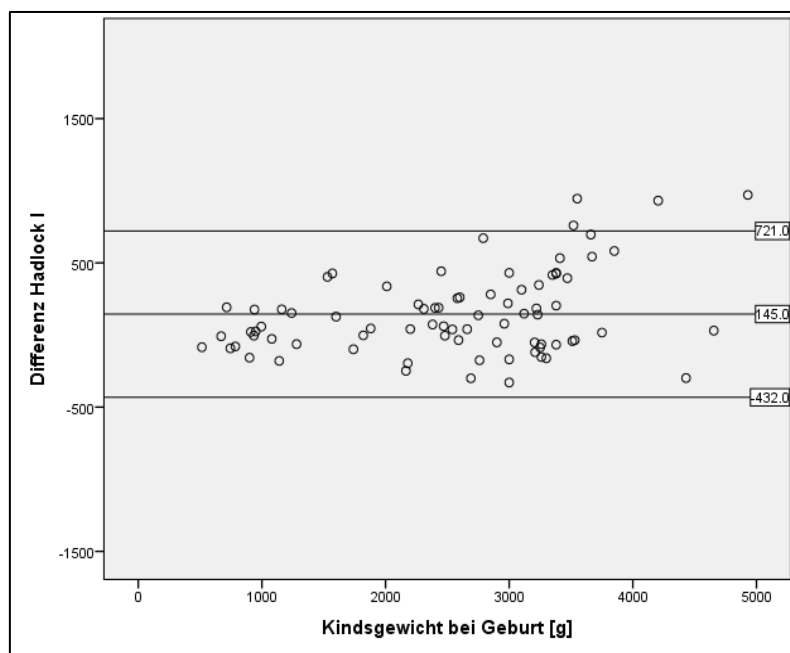


Abb. 22: Bland-Altman Plot von Hadlock I

Hadlock II (Abb. 23)

Die Differenz bei Hadlock II beträgt im Durchschnitt 243g, also eine Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1262g und die größte Überschätzung bei -283g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -375 und 860g. Die Spanne der Differenzen und somit die Schätzgenauigkeit, wird mit steigenden Geburtsgewicht auch hier immer größer bzw. ungenauer.

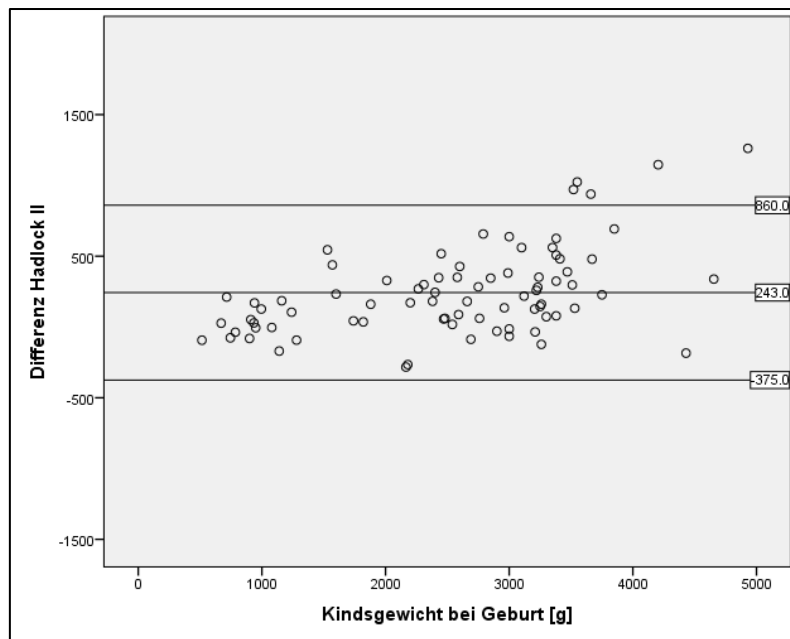


Abb. 23: Bland-Altman Plot von Hadlock II

Hadlock III (Abb. 24)

Die Differenz bei Hadlock III beträgt im Durchschnitt 118g, also eine geringe Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 970g und die größte Überschätzung bei -331g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -455 und 691g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

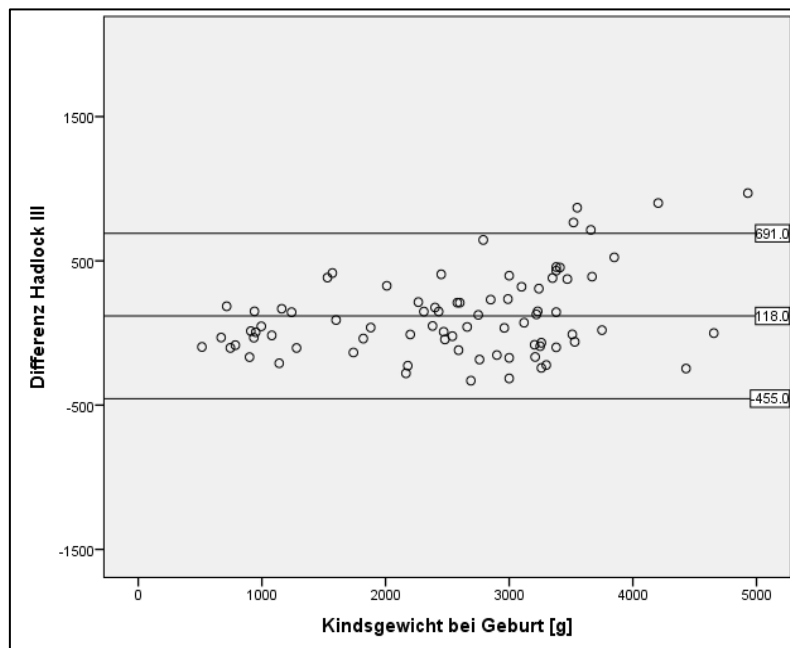


Abb. 24: Bland-Altman Plot von Hadlock III

Hadlock IV (Abb. 25)

Die Differenz bei Hadlock IV beträgt im Durchschnitt 216g, also auch wieder eine geringe Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1165g und die größte Überschätzung bei -232g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -376 und 809g. Wie in den anderen Diagrammen von Hadlock, auch hier das Phänomen der verstärkten Streuung bei zunehmendem Geburtsgewicht.

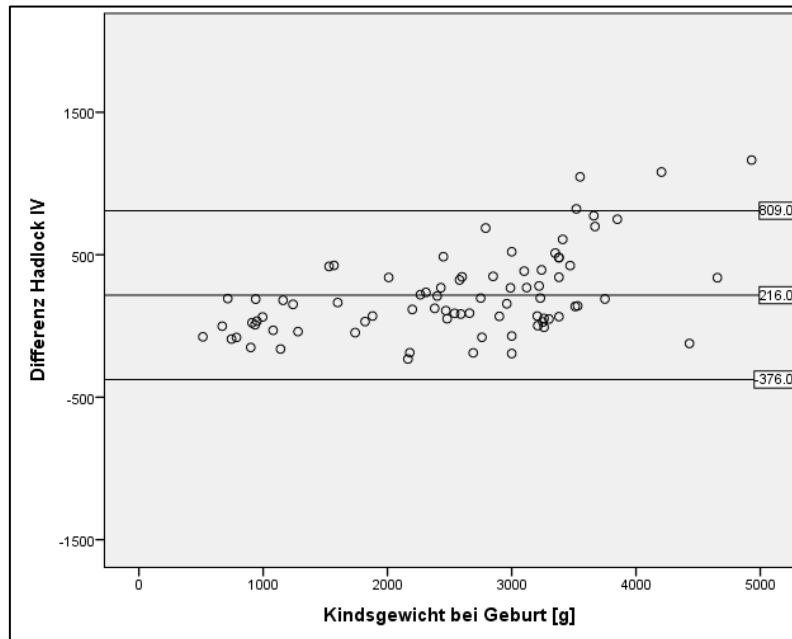


Abb. 25: Bland-Altman Plot von Hadlock IV

Hadlock V (Abb. 26)

Die Differenz bei Hadlock V beträgt im Durchschnitt 247g, also eine Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1183g und die größte Überschätzung bei -189g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -354 und 847g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

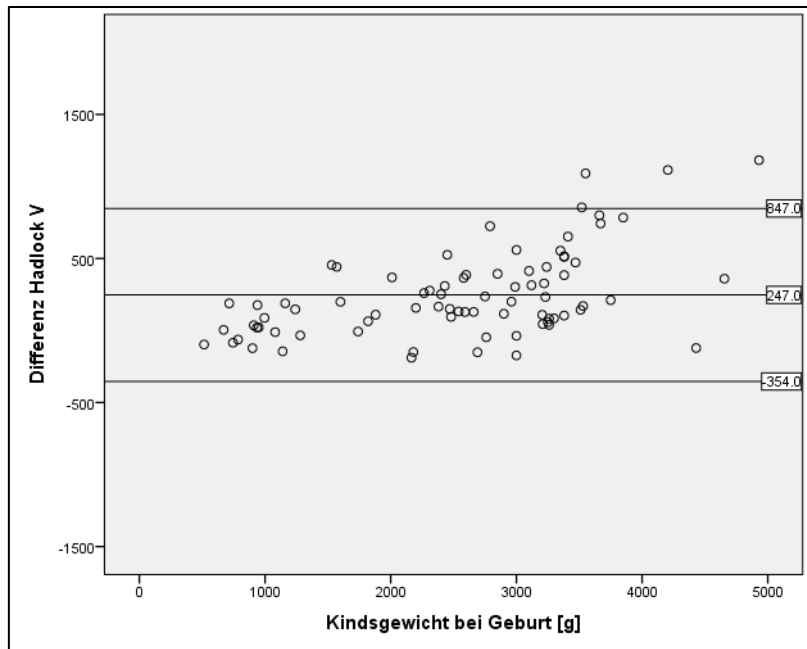


Abb. 26: Bland-Altman Plot von Hadlock V

Warsof (Abb. 27)

Die Differenz bei Warsof beträgt im Durchschnitt -56g, also eine dezente Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 675g und die größte Überschätzung bei -761g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -694 und 582g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

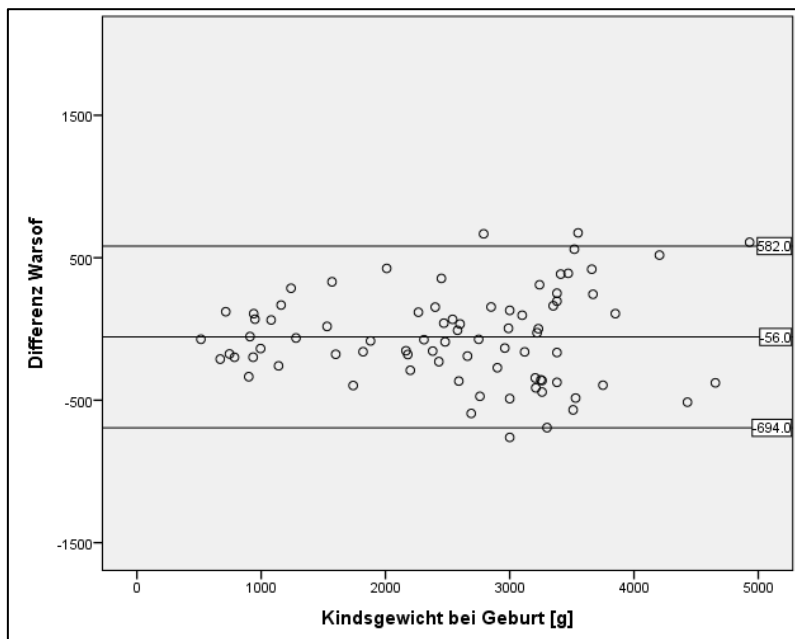


Abb. 27: Bland-Altman Plot von Warsof

Shepard (Abb. 28)

Die Differenz bei Shepard beträgt im Durchschnitt -196g, also eine gewisse Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 553g und die größte Überschätzung bei -960g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -863 und 472g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

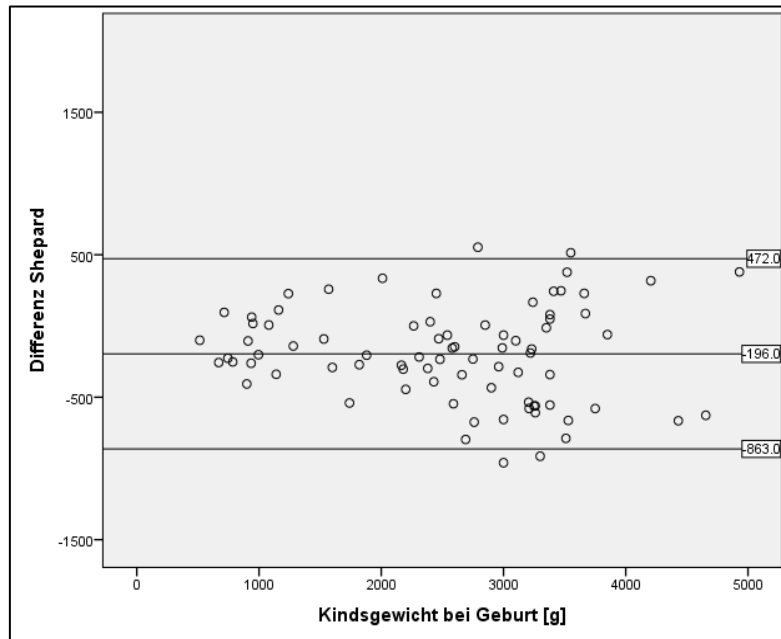


Abb. 28: Bland-Altman Plot von Shepard

Merz (Abb. 29)

Die Differenz bei Merz beträgt im Durchschnitt -238g, also eine Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 616g und die größte Überschätzung bei -903g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -901 und 425g. Hier zeigt sich eine Punktwolke, welche am ehesten einem Bogen gleicht. In den untersten und den obersten Gewichtsklassen kommt es eher zu einer Unterschätzung der Geburtsgewichte durch die Formel und im mittleren Bereich bei ca. 2500g Geburtsgewicht zu einer Überschätzung.

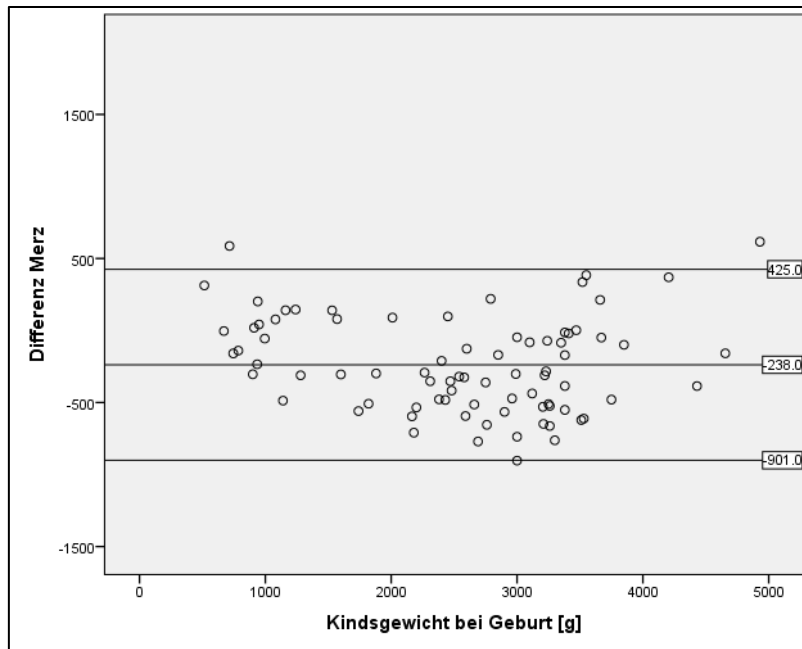


Abb. 29: Bland-Altman Plot von Merz

Schild weiblich (Abb. 30)

Die Differenz bei Schild weiblich beträgt im Durchschnitt 40g, also eine dezente Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 540g und die größte Überschätzung bei -248g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -350 und 430g. Insgesamt nähern sich die Werte am besten an die Mittellinie an.

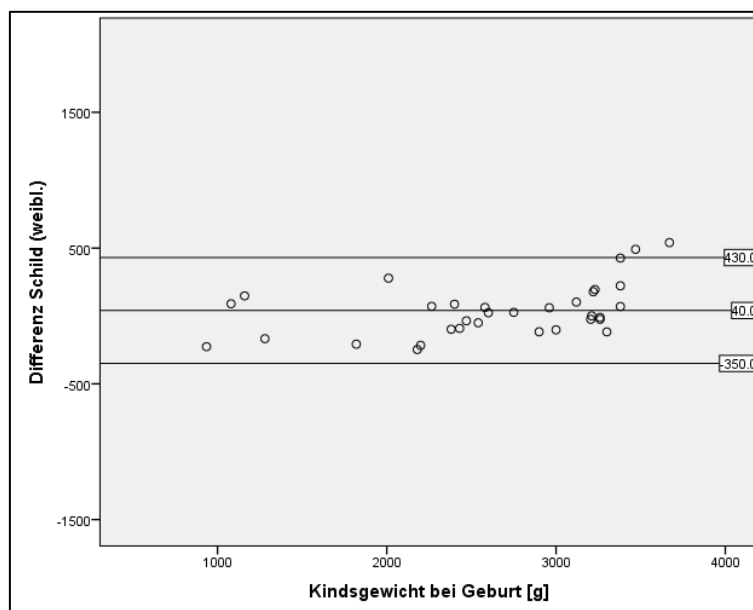


Abb. 30: Bland-Altman Plot von Schild (weiblich)

Schild männlich (Abb. 31)

Die Differenz bei Schild männlich beträgt im Durchschnitt 135g, also eine dezente Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1361g und die größte Überschätzung bei -971g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -889 und 1158g. Die Punktwolke nimmt fast eine linear steigende Konfiguration an. In den unteren Gewichtsbereichen überschätzt die Formel das tatsächliche Geburtsgewicht und in den oberen Gewichtsbereichen unterschätzt sie es.

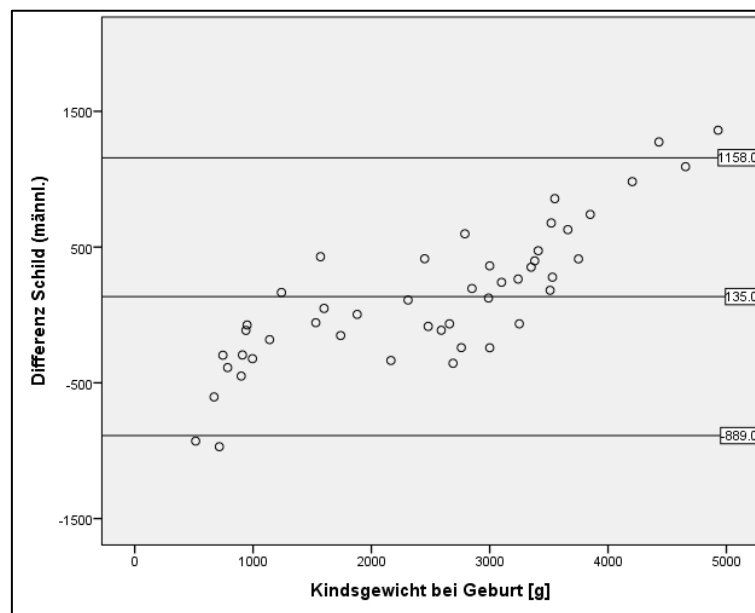


Abb. 31: Bland-Altman Plot von Schild (männlich)

Schillinger (Abb. 32)

Die Differenz bei Schillinger beträgt im Durchschnitt -386g, also eine durchschnittliche Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 520g und die größte Überschätzung bei -1034g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -1074 und 302g. Auch hier wirkt es, wie bei Merz, als ob die Werte einen Bogen ergeben.

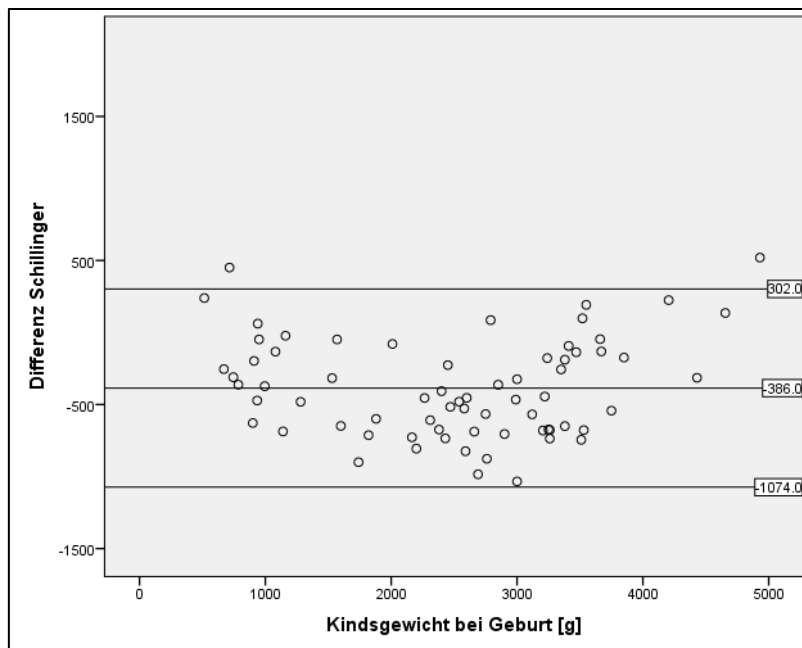


Abb. 32: Bland-Altman Plot von Schillinger

Hansmann (Abb. 33)

Die Differenz bei Hansmann beträgt im Durchschnitt -329g, also eine Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 726g und die größte Überschätzung bei -964g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -1068 und 410g. Wie bei Merz und Schillinger präsentiert sich auch hier eine Bogenkonfiguration.

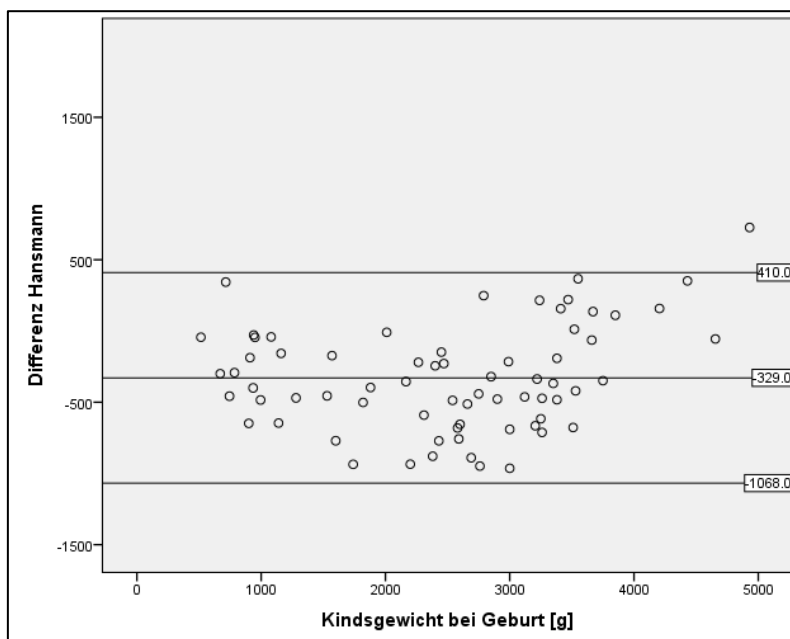


Abb. 33: Bland-Altman Plot von Hansmann

Higginbottom (Abb. 34)

Die Differenz bei Higginbottom beträgt im Durchschnitt 167g, also eine geringe Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1098g und die größte Überschätzung bei -1297g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -646 und 979g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

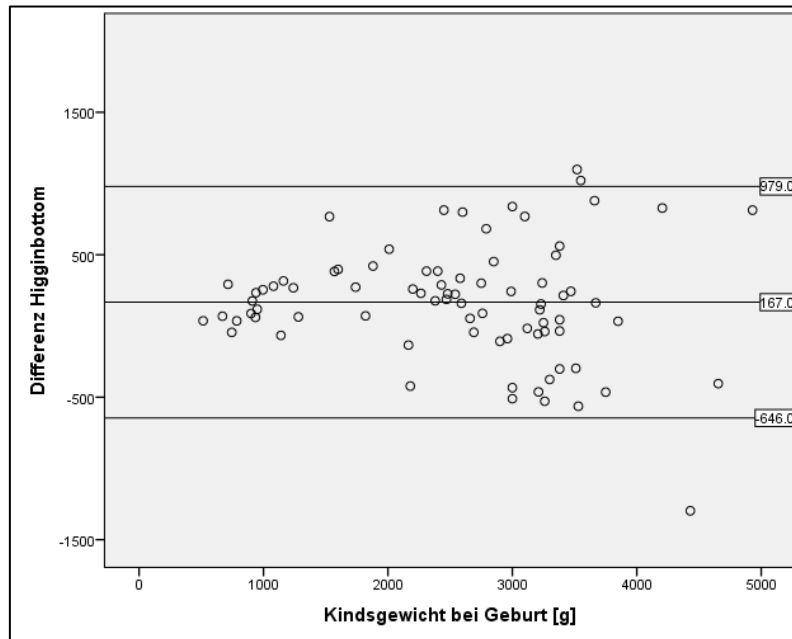


Abb. 34: Bland-Altman Plot von Higginbottom

Campbell und Wilkin (Abb. 35)

Die Differenz bei Campbell und Wilkin beträgt im Durchschnitt 46g, also eine dezente Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1123g und die größte Überschätzung bei -677g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -598 und 691g.

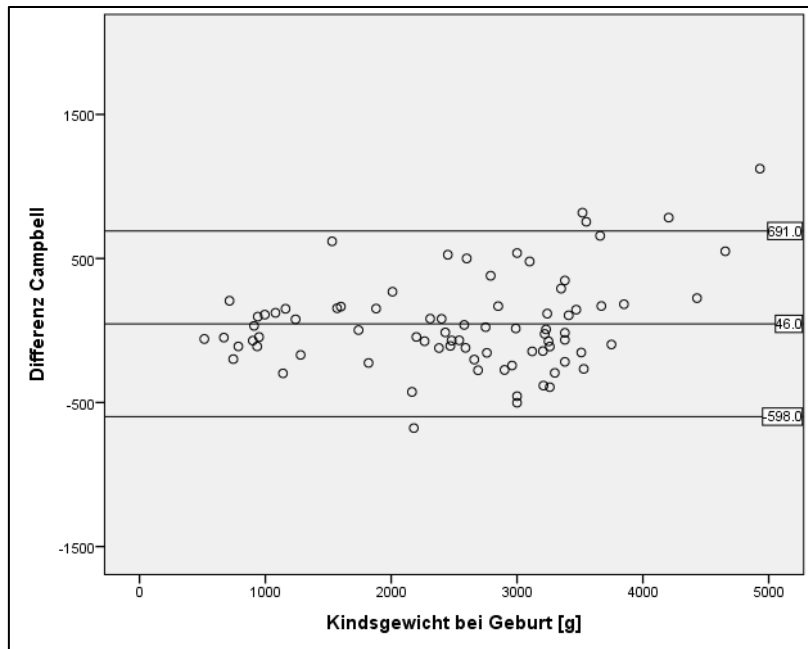


Abb. 35: Bland-Altman Plot von Campbell und Wilkin

Holländer (Abb. 36)

Die Differenz bei Holländer beträgt im Durchschnitt -37g, also die geringste Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 969g und die größte Überschätzung bei -603g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen allerdings zwischen -674 und 599g.

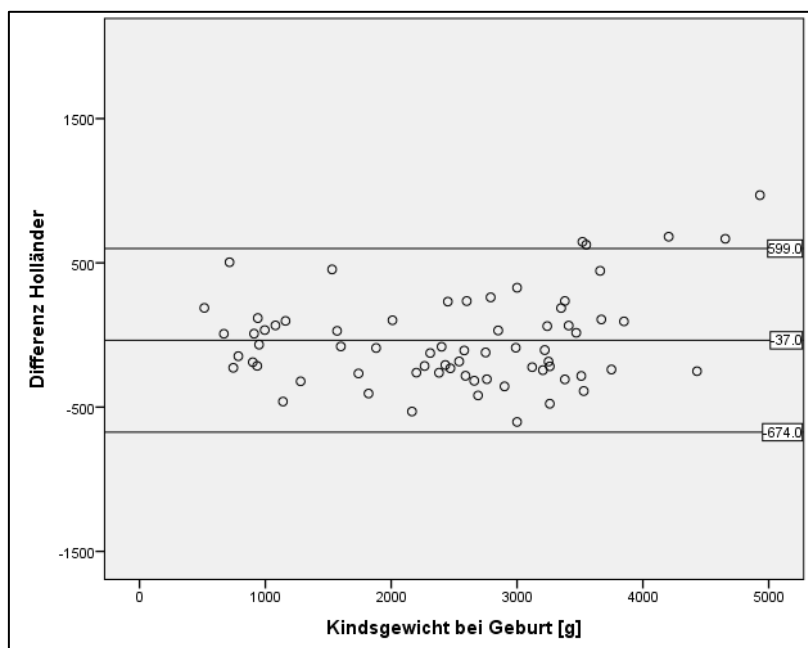


Abb. 36: Bland-Altman Plot von Holländer

Thurnau (Abb. 37)

Die Differenz bei Thurnau beträgt im Durchschnitt 299g, also eine Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1651g und die größte Überschätzung bei -414g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -531 und 1129g. Wie bei Schild männlich stellen sich die Werte nahezu in einer steigenden Gerade dar.

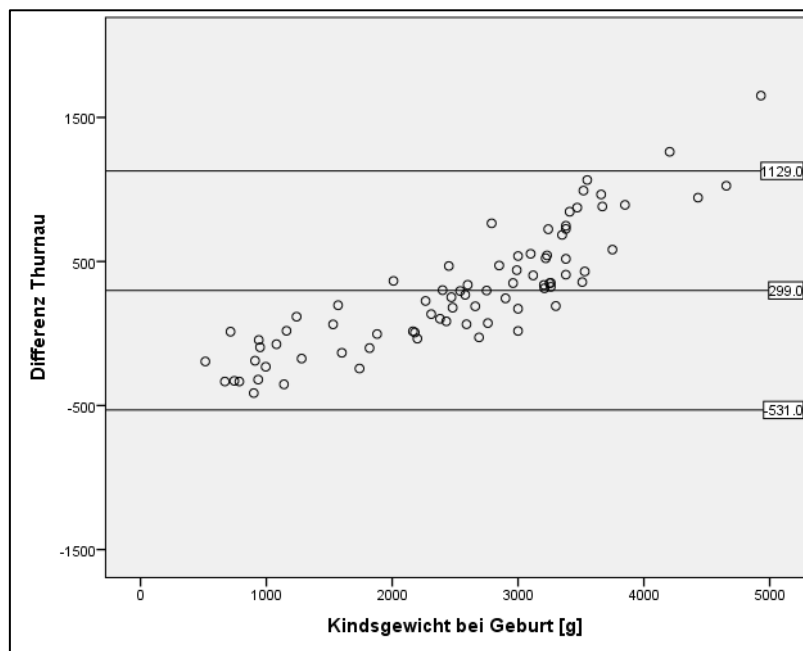


Abb. 37: Bland-Altman Plot von Thurnau

Schuhmacher (Abb. 38)

Die Differenz bei Schuhmacher beträgt im Durchschnitt -145g, also eine geringe Überschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1049g und die größte Überschätzung bei -814g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -799 und 508g. Die Spanne der Differenzen wird mit steigendem Geburtsgewicht immer größer.

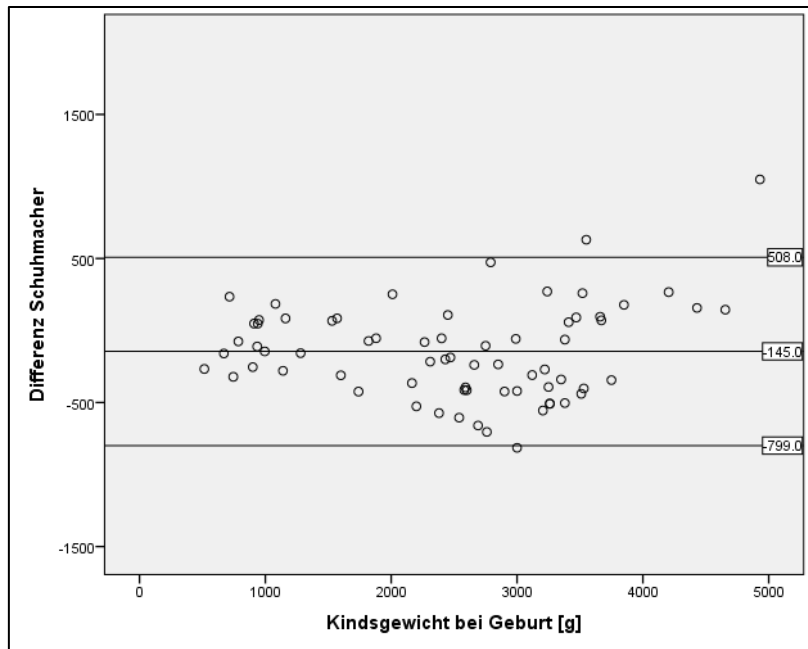


Abb. 38: Bland-Altman Plot von Schuhmacher

Ott (Abb. 39)

Die Differenz bei Ott beträgt im Durchschnitt 121g, also eine geringe Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes durch die Schätzformel. Die größte Unterschätzung liegt bei einer Differenz von 1167g und die größte Überschätzung bei -375g. In Hinsicht auf die doppelte Standardabweichung bewegen sich die Differenzen zwischen -495 und 737g. Die Differenzen nehmen in den oberen Gewichtsbereichen die größten Werte an, also die größte Verschätzung bei der Gewichtsschätzung nach Ott.

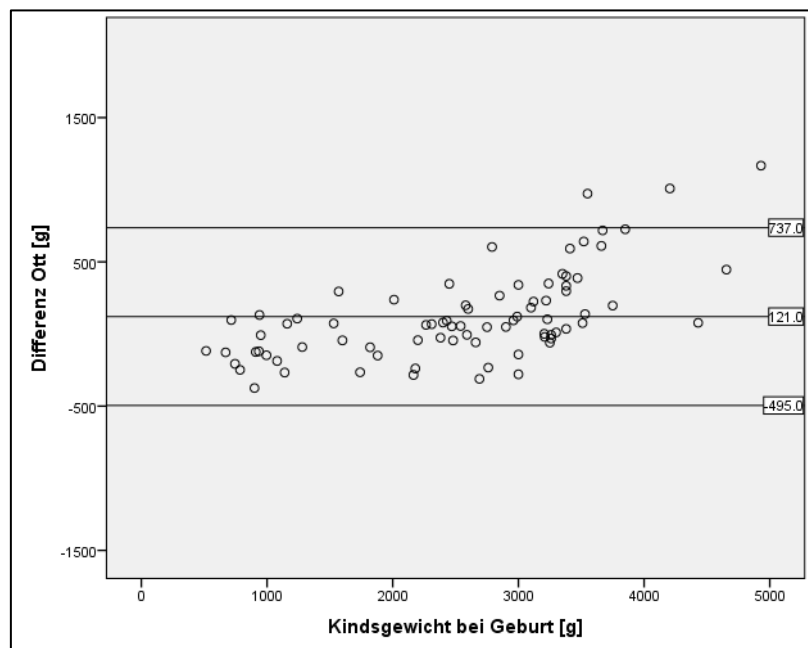


Abb. 39: Bland-Altman Plot von Ott

Nimmt man zunächst nur die Mittelwerte der Differenzen (Tab. 5) kann man sehen, dass Holländer, mit einem Wert von -37g, im Mittel die geringste Abweichung hat. Gefolgt von Schild weiblich mit einer mittleren Differenz von 40g. Schillinger überschätzt das tatsächliche Geburtsgewicht im Mittel mit einer Differenz von -386g am Deutlichsten. Und Thurnau unterschätzt mit einer mittleren Differenz von 299g, das tatsächliche Gewicht am Deutlichsten.

Weiterhin wird ersichtlich, wenn man die Ergebnisse der Mittelwerte +/- der SD betrachtet, dass sich bei der Formel von Schild weiblich die geringste Streuung, mit Werten zwischen 430g und -350g, präsentiert. Die Werte von Holländer bewegen sich dagegen zwischen 599g und -674g.

Die größte Streuung ergibt sich bei Schild männlich. Hier bewegen sich die Werte zwischen 1158g und -889g.

Tab. 5: Überblick über die Unter- bzw. Überschätzung der Schätzformeln anhand der Mittelwerte

	Formel	Mittelwert der Differenz
das tatsächliche Geburtsgewicht unterschätzende Formeln	Hadlock I	145
	Hadlock II	243
	Hadlock III	118
	Hadlock IV	216
	Hadlock V	247
	Schild weiblich	40
	Schild männlich	135
	Higginbottom	167
	Campbell und Wilkin	46
	Thurnau	299
	Ott	121
das tatsächliche Geburtsgewicht überschätzende Formeln	Warsof	-56
	Shepard	-196
	Merz	-238
	Schillinger	-386
	Hansmann	-329
	Holländer	-37
	Schuhmacher	-145

5.2. Das Bestimmtheitsmaß

Im Kap. 4.5.3. wurde bereits beschrieben wie das Bestimmtheitsmaß bestimmt wurde. Nachfolgend werden in der Tab. 6, in der Rangfolge des Bestimmtheitsmaßes, die Ergebnisse des Vergleichs von tatsächlichem und geschätztem Geburtsgewichts zusammengefasst.

Tab. 6: Vorhersagegenauigkeit der unterschiedlichen Formeln in der Population von Kindern mit einer Femurlänge < 5. Perzentile

Formeln	N	Bestimmtheitsmaß R ² (Kategorie)	Mittelwert der Differenz	Standard- Abweichung (SD) der Differenz	Mittelwert -/+ 2 SD	
Schild weiblich	33	0,93 (I)	40	195	-350	430
Holländer	69	0,91 (I)	-37	318	-674	599
Hadlock III	80	0,91 (I)	118	287	-455	691
Hadlock I	80	0,90 (I)	145	288	-432	721
Warsof	80	0,90 (I)	-56	319	-694	582
Campbell und Wilkin	80	0,90 (I)	46	322	-598	691
Ott	80	0,90 (I)	121	308	-495	737
Schuhmacher	69	0,89 (II)	-145	327	-799	508
Hadlock IV	80	0,87 (II)	216	296	-376	809
Shepard	80	0,86 (II)	-196	334	-863	472
Hadlock V	80	0,86 (II)	247	300	-354	847
Hadlock II	80	0,86 (II)	243	309	-375	860
Merz	80	0,85 (II)	-238	331	-901	425
Higginbottom	80	0,82 (III)	167	406	-646	979
Schild männlich	47	0,81 (III)	135	512	-889	1158
Hansmann	69	0,79 (IV)	-329	370	-1068	410
Schillinger	69	0,77 (IV)	-386	344	-1074	302
Thurnau	80	0,76 (IV)	299	415	-531	1129

Nun wurden noch weitere Einschränkungen vorgenommen. Zunächst wurde das Kollektiv so eingeschränkt, dass nur noch die Feten betrachtet wurden, welche eine Femurlänge unter der 5. Perzentile aufwiesen und mit ihrem Geburtsgewicht unter der 10. Perzentile lagen und somit als SGA-Kinder galten. Mit diesen Einschränkungen wurde das Kollektiv auf 27 Feten

verringert. Auch hier wurden die Bestimmtheitsmaße errechnet und die Ergebnisse in Tab. 7 ersichtlich gemacht.

Tab. 7: Überblick über die Bestimmtheitsmaße bei SGA-Kindern

Formeln	N	Bestimmtheitsmaß R^2 (Kategorie)
Schild weiblich	11	0,97 (I)
Hadlock III	27	0,95 (I)
Hadlock IV	27	0,95 (I)
Ott	27	0,95 (I)
Hadlock I	27	0,94 (II)
Hadlock V	27	0,94 (II)
Hadlock II	27	0,93 (II)
Thurnau	27	0,92 (II)
Campbell und Wilkin	27	0,89 (III)
Warsof	27	0,87 (III)
Holländer	25	0,87 (III)
Higginbottom	27	0,8 (IV)
Schuhmacher	25	0,79 (V)
Shepard	27	0,78 (V)
Schild männlich	16	0,78 (V)
Merz	27	0,73 (VI)
Hansmann	25	0,51 (VII)
Schillinger	25	0,47 (VII)

Anschließend wurde dieses Kollektiv, in dem die SGA-Kinder zusammengefasst wurden, weiter eingegrenzt auf die Feten, welche die Kriterien einer IUGR aufweisen, also welche die unter einen Oligo- oder Anhydramnion leiden oder pathologische Dopplerwerte aufweisen. Es ergab sich ein Kollektiv von 19 Feten. Auch hier wurden die Bestimmtheitsmaße der Formeln bestimmt (siehe Tab. 8) und in Genauigkeitskategorien eingeteilt.

Tab. 8: Überblick über die Bestimmtheitsmaße bei SGA-Kindern mit einer IUGR

Formeln	N	Bestimmtheitsmaß R^2 (Kategorie)
Schild weiblich	7	0,97 (I)
Hadlock I	19	0,95 (I)
Hadlock III	19	0,95 (I)
Hadlock IV	19	0,95 (I)
Hadlock V	19	0,95 (I)
Ott	19	0,95 (I)
Hadlock II	19	0,94 (II)
Thurnau	19	0,91 (II)
Campbell und Wilkin	19	0,9 (II)
Warsof	19	0,88 (III)
Holländer	18	0,85 (III)
Higginbottom	19	0,83 (IV)
Shepard	19	0,8 (IV)
Schuhmacher	18	0,8 (IV)
Merz	16	0,74 (VI)
Schild männlich	12	0,61 (VII)
Hansmann	18	0,51 (VII)
Schillinger	18	0,49 (VII)

Die Überprüfung der Kriterien der IUGR wurde dann auch noch bei allen Feten vorgenommen die über eine Femurlänge unter der 5. Perzentile verfügten. Ein Kriterium wurde dabei jedoch nicht berücksichtigt und das war das Geburtsgewicht unter der 10. Perzentile. Hier wurden alle Feten eingeschlossen, also auch die, welche ein Geburtsgewicht über der 10. Perzentile aufwiesen.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde ein 4. Kollektiv gebildet, welches aus 41 Feten besteht. Von diesen Daten wurden wieder die Bestimmtheitsmaße berechnet (siehe Tab. 9) und in Genauigkeitskategorien eingeteilt.

Tab. 9: Überblick über die Bestimmtheitsmaße bei Femur < 5. Perzentile und IUGR

Formeln	N	Bestimmtheitsmaß R² (Kategorie)
Hadlock I	41	0,95 (I)
Hadlock III	41	0,95 (I)
Ott	41	0,95 (I)
Hadlock IV	41	0,94 (II)
Schild weiblich	16	0,94 (II)
Campbell und Wilkin	41	0,94 (II)
Hadlock II	41	0,93 (II)
Hadlock V	41	0,93 (II)
Warsof	41	0,92 (II)
Holländer	39	0,92 (II)
Schuhmacher	39	0,9 (II)
Shepard	41	0,88 (III)
Thurnau	41	0,88 (III)
Higginbottom	41	0,87 (III)
Merz	41	0,86 (III)
Schild männlich	25	0,82 (IV)
Schillinger	39	0,73 (VI)
Hansmann	39	0,73 (VI)

6. Diskussion

Die Femurlänge stellt in der Geburtshilfe einen entscheidenden Parameter dar. Er beeinflusst die fetale und neonatale Morbidität, aber auch das Auftreten von Frühgeburten und „small for gestational age“ eingestufte Feten und spielt somit eine wesentliche Rolle im Management von Schwangerschaft und Geburt.

In dieser Studie wurden Daten von 2231 Patientinnen und deren Feten erfasst. 3,6% bzw. 80 Neugeborene wiesen dabei einen sonografisch detektierten „kurzen Femur“ auf und konnten für die genauere Betrachtung bezüglich einer geeigneten Schätzwichtsformel herangezogen werden.

6.1. Kollektiv

Es ist zu beachten, dass in dieser Arbeit ein beschränktes Kollektiv von 80 Patientinnen-Daten untersucht wurde, bei denen alle Kinder eine Femurlänge unter der 5. Perzentile aufwiesen.

Die Geburtsgewichte aber auch die Gewichtssperzentilen der 80 Kinder sind nicht exakt normal verteilt. Dies ist dem geschuldet, dass die Auswahl von Daten anhand des Auftretens eines kurzen Femurs erfolgt ist und der Zusammenhang mit einer IUGR oder auch SGA-Kindern möglich ist. Dadurch kommt am ehesten der Anstieg im Bereich der unteren Geburtsgewichte (Abb. 40) und der Gewichtssperzentilen (Abb. 41) zu Stande. Wenn man die gesamten erhobenen Daten der 2231 Patientinnen betrachtet, ergibt sich schon eher das Bild einer Normalverteilung, wie es auch Voigt 1992 schon für die BRD zeigen konnte (Abb. 42) [31].

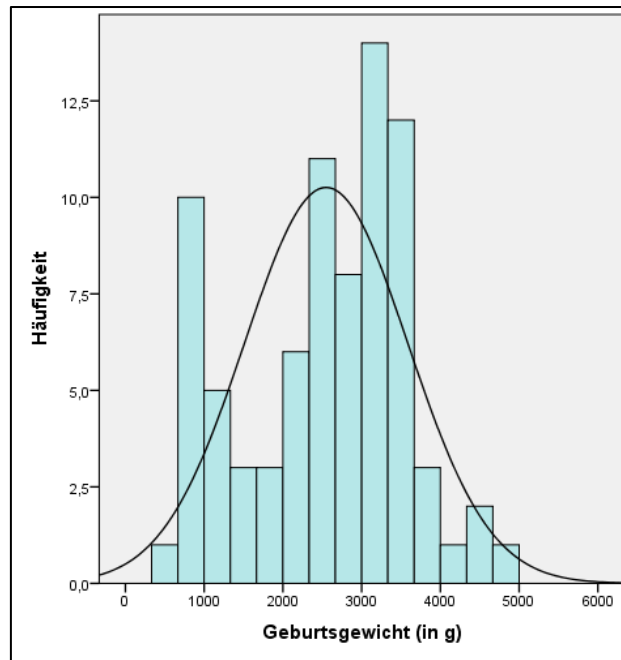


Abb. 40: Verteilung der Geburtsgewichte im Kollektiv

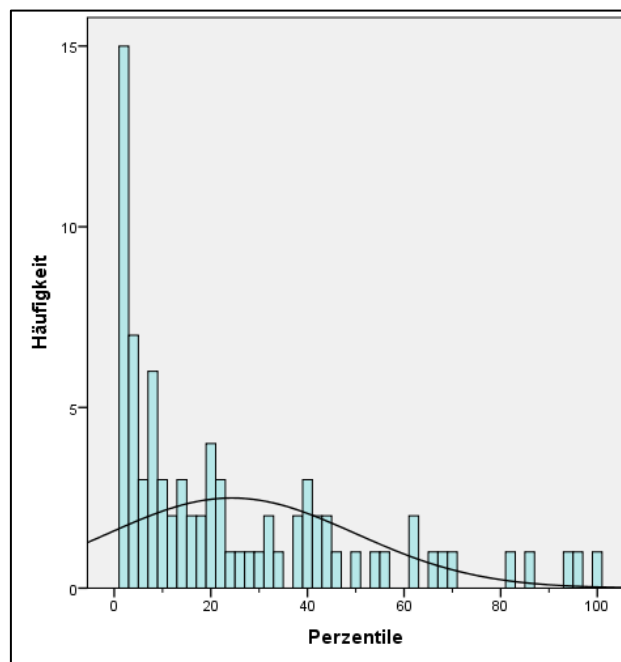


Abb. 41: Verteilung der Perzentilen im Kollektiv

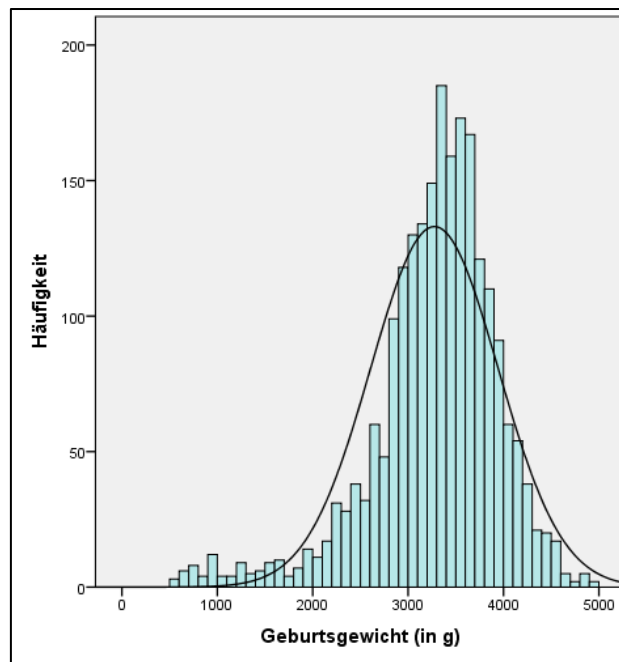


Abb. 42: Verteilung der Geburtsgewichte aller Daten

Unter den 80 Feten mit kurzem Femur waren 33 (41,25%) „small for gestational age“ eingestufte Feten. Lediglich 2 (2,5%) Feten waren „large for gestational age“ eingestufte Feten. Dies bestätigt das gehäufte Auftreten von SGA-Kindern bei einem Oberschenkelknochen welcher in seiner Länge unter der 5. Perzentile gemessen wurde.

Trotz eines kurzen Femurs ergeben sich bei den Feten 2 LGA-Kinder. Betrachtet man den ersten Fall eines LGA-Kindes, erkennt man an den Daten, dass die Schätzformeln das tatsächliche Gewicht prinzipiell unterschätzen. Vor allem bei den Formeln, welche die Femurlänge berücksichtigen, ergeben sich deutlichere Unterschätzungen. Dies kann daran liegen, dass der Femur nicht korrekt in der Ultraschalluntersuchung gemessen wurde. Es kann jedoch auch daraus resultieren, dass die Formeln den Femur zu stark in der Berechnung mit berücksichtigen und eine zu große Wichtung der Femora bzw. deren Korrekturfaktoren annehmen. Im zweiten Fall eines LGA-Kindes geben die Formeln das tatsächliche Gewicht genauer wieder. Mögliche Messfehler können aber auch hier nicht ausgeschlossen werden. Dies betrifft nicht nur die Femora, sondern auch die anderen biometrischen Daten.

Ein erhöhtes Vorkommen von Frühgeburten, 28 von 80 Individuen (35%), bestätigt den möglichen negativen Vorhersagecharakter eines kurzen Femurs (Kap. 2.1.). 17 von 33 (52%) der SGA-Kinder waren ebenfalls Frühgeborene und wurden vor der 37. SSW geboren.

Die Ultraschalluntersuchung konnte bei 51,2% der Feten innerhalb eines Tages vor Geburt gemacht werden. Somit ergibt sich für diese Kinder eine optimale Vergleichbarkeit von geschätztem Gewicht und Geburtsgewicht. Zwischen Messung und Geburt lag in diesen

Fällen der kürzeste Zeitraum und somit die niedrigste Wahrscheinlichkeit eines weiteren Wachstums der Feten und anschließend größere Diskrepanz zwischen Schätzwicht und tatsächlichem Gewicht. Bei den restlichen Kindern nahm diese Sicherheit mit zunehmendem Abstand zur Geburt ab. Fand die Messung jedoch mehr als eine Woche vor Geburt statt, wurden die Daten ausgeschlossen und nicht zur Berechnung genutzt.

6.2. Mögliche Fehlerquellen

An der Erhebung der Ultraschalldaten waren Untersucher mit unterschiedlichen Erfahrungsgrad beteiligt. Zusätzlich kann, da es sich um eine retrospektive Studie handelt, nicht die Korrektheit der gemessenen biometrischen Daten überprüft werden. Nicht exakt gemessene biometrische Daten, allem voran die Femora, haben anschließend großen Einfluss auf die Formeln und der Schätzwichte. Je weiter eine Schwangerschaft fortgeschritten ist, umso mehr Einschränkung ergeben sich in der Fetometrie durch Sichteinschränkung während der Sonografie, Schwierigkeiten bei der Vermessung z.B. durch ein bereits „tief eingestelltes“ Köpfchen im Becken oder ähnliches. Somit können auch die Schätzwichte umso ungenauer werden, je weiter die Schwangerschaft fortgeschritten ist. Während dieser Arbeit konnten demzufolge die systemischen oder auch zufälligen Fehler der Datenerhebung bei der Sonografie nicht eliminiert werden.

Da die Übertragung der Datensätze aus Geburtenbücher und „View-Point“ manuell in das Programm Excel erfolgte, kann auch in diesem Falle der zufällige Fehler, z.B. durch fehlerhaftes Übertragen, nicht komplett ausgeschlossen werden. Das Gleiche gilt für die Überprüfung der Perzentilen innerhalb der zur Verfügung stehenden Tabellen und Ergänzung der Datensätze durch diese.

Bezüglich der Formeln für die Schätzwichte beeinflussen weitere Einschränkungen die Ergebnisse. Da bei einigen Datensätzen der Abdomenlängs- und der Abdomenquerdurchmesser fehlten, gingen in die Berechnung mit den Formeln Schillinger, Hansmann, Holländer und Schuhmacher nur eine begrenzte Anzahl des Kollektivs mit ein. So auch bei den Formeln nach Schild, da diese in Geschlechtern unterschieden. Somit ergeben sich weniger Datensätze und die daraus ermittelten statistischen Kenngrößen gehen mit einer größeren statistischen Ungenauigkeit einher.

Bei der Formel von Schuhmacher kommt eine weitere Größe mit hinzu, welche eine Fehlerquelle birgt. Dabei handelt es sich um die Schwangerschaftswoche. Die Feststellung dieser kann, wie im Kapitel 2.3.1. beschrieben, ungenau ausfallen, wenn beispielsweise der

Konzeptionstermin nicht eindeutig bestimmbar ist oder auch wenn ein unregelmäßiger Zyklus besteht. Die Feststellung mittels Ultraschall ist zwar genauer, kann jedoch auch keine hundertprozentige Sicherheit liefern.

6.3. Vorhersagegenauigkeit

In dieser Arbeit war das Ziel die Formel zur Berechnung von Geburtsgewichten zu finden, welche am besten das tatsächliche Geburtsgewicht, bei einem Femur unter der 5. Perzentile, vorhersagt. Es wurden zur Lösungsfindung mehrere Ansätze genutzt:

Zunächst wurden einfach ein Mittelwert der Geburtsgewichte des Kollektivs gebildet und mit den Mittelwerten der Schätzwerte der einzelnen Formeln im Kollektiv verglichen. Dabei unterschätzen die Formeln Hadlock I-V, Higginbottom, Campbell und Wilkin sowie Holländer, Schild weiblich, Schild männlich, Thurnau und Ott das tatsächliche Geburtsgewicht. Shepard, Warsof, Merz, Schillinger, Hansmann und Schuhmacher überschätzen es. Über die Variation der individuellen Abweichungen konnte jedoch noch keine Aussage getroffen werden.

Zur grafischen Darstellung der individuellen Abweichungen wurde der Bland-Altman Plot genutzt. Hier ergab sich, dass Holländer im Mittel die geringste mittlere Differenz zwischen dem tatsächlichen und dem geschätzten Gewicht aufwies, gefolgt von Schild weiblich. Holländer wies im Gegensatz zu Schild weiblich jedoch eine größere Streuung der Differenzen auf. Demzufolge schätzte er zwar im Mittel besser, wies jedoch höhere Über- und Unterschätzungen auf als Schild weiblich. Hier ergab sich die beste Annäherung der Punkte an die Mittellinie und somit eine bessere Schätzung. Schillinger und Thurnau präsentierten dabei im Mittel die größten Abweichungen und Schild männlich bot die größte Streuung bezüglich der Differenzen.

Zur weiteren Beurteilung wurde anschließend das Bestimmtheitsmaß genutzt, welches ein Maß für die Güte der Vorhersage präsentiert. Der Wert 1 wäre der perfekte Vorhersagewert. Zur genaueren Beurteilung der Ergebnisse wurden Genauigkeitskategorien genutzt, wobei Kategorie 1 die besten Vorhersage-Formeln beinhaltet. In diese Kategorie zählten bei Betrachtung des gesamten Kollektivs die Formeln Hadlock I, Hadlock III, Warsof, Schild weiblich, Campbell und Wilkin sowie Holländer und Ott. Als das Kollektiv weiter auf die Kriterien der SGA-Kinder reduziert wurde, beinhaltete die beste Kategorie anschließend nur noch die Formeln Hadlock III, Hadlock IV, Schild weiblich und Ott. Durch die weitere Eingrenzung auf Feten welche die Kriterien einer IUGR aufwiesen, wurde die beste Kategorie durch folgende Formeln repräsentiert: Hadlock I, Hadlock III-IV, Schild weiblich und Ott.

Zusätzlich wurde das Ausgangs-Kollektiv um die Kriterien einer IUGR ergänzt jedoch ohne die Einschränkung des Gewichtes unter der 10. Perzentile. Diese Kinder gehörten also nicht zu der Gruppe der SGA-Kinder. Damit wurden die Formeln betrachtet, bei denen ein Femur unter der 5. Perzentile gemessen wurde und weitere sonografische Auffälligkeiten im Sinne einer IUGR bestanden, z.B. ein auffälliger Dopplerbefund oder eine verminderte Fruchtwassermenge. Hier beinhaltete die beste Kategorie die Formeln Hadlock I, Hadlock III und Ott.

Allen gemeinsam war, dass die Formel Hadlock III und Ott stets zu der besten Kategorie gehörten. Dabei waren die restlichen Formeln von Hadlock stets spätestens in der 2. Kategorie vertreten. Das gleiche gilt für Schild weiblich. Diese ist nur bei der letzten Betrachtung in der 2. Kategorie. Zu den „ungenauesten“ Formeln zählte diese von Schillinger und Hansmann.

Die Formel von Ott zählt bei der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes mit zu den exaktesten Formeln. Anzumerken ist jedoch, dass in der grafischen Darstellung ersichtlich wird, dass Ott in den höheren Gewichtsklassen zunehmend die tatsächlichen Geburtsgewichte unterschätzt. Die Formeln nach Hadlock weisen alle eine zunehmende Streuung in den oberen Gewichtsklassen auf. Bei hohem Geburtsgewicht kommt es also Zunahme der Verschätzungen, das tatsächliche Gewicht wird vermehrt stark unter- oder überschätzt. Schild weiblich zeigt in der grafischen Darstellung die beste Annäherung an die Mittellinie und somit die geringste Streuung auf. Aber auch hier ergibt sich eine tendenzielle Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes in höheren Gewichtsklassen. Am ehesten könnte hier eine mathematische Ursache zu Grunde liegen. Ungenauigkeiten oder Messfehler, welche sich wie in Kap. 6.2. bereits erwähnt, vermehrt in höheren Schwangerschaftswochen und somit auch eher in den höheren Gewichtsklassen ergeben, können sich durch die verschiedenen Korrekturfaktoren der Formeln noch potenzieren und somit eine vermehrte Ungenauigkeit bewirken.

Zusammengefasst zeigen diese 3 Formeln, bzw. 7 wenn man alle Hadlock-Formeln einzeln nimmt, in unseren ausgewählten Kollektiven die beste Schätzgenauigkeit und sagen am besten das tatsächliche Geburtsgewicht voraus. Hierbei ist zu beachten, dass diese Feststellung auf den erhobenen Daten der Geburten in der Frauenklinik der Uniklinikum Jena zwischen 2010-2012 beruht und somit eine ausgewählte Population darstellt.

Es zeigt sich, dass die Formeln, welche in unserer Analyse die beste Schätzgenauigkeit liefern, auch die Formeln sind welche in Gegensatz zu den anderen Formeln die Femurlänge mit in die Berechnung einbeziehen. Ausnahme bildet dabei jedoch die Formel nach Schild für die männlichen Feten. Ott hat in seiner Formel den Abdomenumfang mit einem

Korrekturfaktor bei Oligohydramnion mit einbezogen [15]. Da es sich bei Kindern mit Femora unter der 5. Perzentile öfter um Kinder handelt, welche eine Intrauterine Wachstumsrestriktion aufweisen, als bei Kindern mit normal großem Oberschenkelknochen und ein Oligohydramnion ein mögliches Diagnosekriterium einer IUGR ist, kann dies eine Erklärung für die gute Schätzgenauigkeit der Formel von Ott sein. Es bestätigt sich weiterhin, dass die Formeln von Hadlock die Gebräuchlichsten in der Gewichtsschätzung darstellen. Auch in unserer Dissertation konnte die gute Schätzgenauigkeit dieser nachgewiesen werden. Der Unterschied zwischen guter Schätzgenauigkeit bei Schild weiblich und schlechter bei Schild männlich, lässt sich nicht genau interpretieren. Das Kollektiv weist eine kleine Verschiebung in den Anteil an weiblichen und männlichen Feten auf. Dabei sind die männlichen Kinder nicht nur im gesamten Kollektiv, sondern auch in der Gruppe der SGA-Kinder mehr vertreten. Als einzigen Grund für die Unterschiede bei der Schätzung ist dies jedoch nicht ganz plausibel. Dass Schild weiblich besser schätzt nur weil in dieser Gruppe die wenigsten Feten sind kann nicht geschlussfolgert werden, da Hadlock und Ott trotz der Einbeziehung des gesamten Kollektivs eine gute Schätzgenauigkeit liefern. Einfluss auf die Berechnung mit Schild männlich, könnten auch die 2 LGA-Feten haben, welche ggf. durch Messfehler in das Kollektiv gelangt sind. Diese 2 LGA-Feten wurden versuchsweise aus der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes bei der Formel nach Schild männlich herausgenommen. Es zeigte sich eine Besserung von 0,81 auf 0,82. Dadurch gelangt die Formel nach Schild männlich allerdings nicht in eine bessere Genauigkeitskategorie, was bei der geringen Anzahl an Fällen auch unwahrscheinlich ist. Die Vermutung was den Einfluss der LGA-Kinder betrifft, kann damit allerdings zum Teil bestätigt werden.

Die Formel von Thurnau, welche vor allem bei Frühgeborenen und Feten mit niedrigem Gewicht angewendet werden sollte [29], liegt im mittleren Genauigkeitsbereich. Dies wird dem geschuldet sein, dass auch Feten mit höherem Geburtsgewicht und/oder langer Tragzeit mit in die Berechnung mit eingegangen sind. Betrachtet man den Bland-Altman Plot genau, erkennt man, dass sich die Punktwolke im unteren Gewichtsbereich (<2500g) um die Null bewegt und somit eine gute Schätzung ergeben würde. Erst in den höheren Gewichtsbereichen verschieben sich die Punkte deutlich und es kommt zur vermehrt hohen Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes.

Shepard musste sich bei der Entwicklung seiner Formel eingestehen, dass die Ergebnisse meist unter dem tatsächlichen Gewicht lagen [25]. In dieser Dissertation ergab sich jedoch genau das Gegenteil. Die Ergebnisse lagen im Durchschnitt über dem tatsächlichen Geburtsgewicht.

7. Schlussfolgerung

Die Schätzung des Geburtsgewichtes spielt eine bedeutende Rolle im pränatalen Management. In dieser Arbeit sollte dies in Bezug auf einen kleinen Femur betrachtet werden. Betrachtet man alle Ergebnisse auf Basis der Datenerhebung der Geburten der Jahre 2010-2012 im Uniklinikum Jena kann Folgendes geschlussfolgert werden.

Die gebräuchlichen Formeln von Hadlock, in unseren Fall speziell Hadlock III, können bei einem Femur welcher unter der 5. Perzentile gemessen wird, bei der Gewichtsschätzung mit herangezogen werden. Sie präsentierten in allen Kategorien durchweg eine gute Schätzgenauigkeit. Auch die Formel von Ott sollte bei dieser speziellen Fragestellung nicht vergessen werden. Da sie bereits die mögliche Komplikation einer IUGR in Form der Berücksichtigung eines Oligohydramnion mit einbezieht, stellt sie eine gute Möglichkeit zur Gewichtsschätzung dar.

In unserem Kollektiv hat Schild weiblich die besten Ergebnisse gezeigt. Da Schild jedoch nicht für die männlichen Feten solch gute Ergebnisse lieferte und dieser Unterschied nicht abschließend geklärt werden kann, sollte diese nicht an erste Stelle gestellt werden. In unserem Kollektiv konnte das Ergebnis nur in einer bestimmten Population (weibliches Geschlecht) erlangt werden.

Hadlock III und Ott sind somit die Formeln, welche für die Gewichtsschätzung bei einem Feten mit einem Femur mit einer Länge unter der 5. Perzentile herangezogen werden sollten.

Die Vermutung, dass die üblicherweise verwendeten Formeln (Hadlock) das Gewicht ungenau schätzen, konnte widerlegt werden. Sie zählten stets zu den beiden besten Genauigkeitskategorien. Dies zeigt uns, dass man sich auch bei Feten mit Femora unter der 5. Perzentile, auf diese Formeln, mit der bekannten Unschärfe, verlassen kann.

8. Literaturverzeichnis

1. Baschat A. Fetale Wachstumsrestriktion. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 521-529
2. Campbell S., Wilkin D. Ultrasonic measurement of fetal abdomen circumference in the estimation of fetal weight. British Journal of Obstetrics and Gynecology 1975, 82(9): 689-697
3. Dewitte K., Fierens C., Stöckl D., Thienpont LM. Application of the Bland-Altman Plot for Interpretation of Method-Comparison Studies: A Critical Investigation of Its Practice. Clinical Chemistry 2000, 48 (5): 799-801
4. Donald I., Brown TG. Demonstration of tissue interfaces within the body by ultrasonic echo sounding. British Journal of Radiology 1961, 34: 539-546
5. Eckstein, Peter P. Repetitorium Statistik. Deskriptive Statistik – Stochastik – Induktive Statistik. Mit Klausuraufgaben und Lösungen. 7. Auflage. Berlin: Springer Gabler, 2012: Kapitel I, Deskriptive Statistik, S. 102-105
6. Grouven U., Bender R., Ziegler A., Lange S. Vergleich von Messmethoden – Artikel Nr. 24 der Statistik-Serie in der DMW – Comparing methods of measurement. Dtsch Med Wochenschr 2007, 132: e69-e73
7. Hadlock FP., Harrist RB., Carpenter RJ. et al. Sonographic estimation of fetal weight. The value of femur length in addition to head and abdomen measurements. Radiology 1984, 150(2): 535-540
8. Hadlock FP., Harrist RB., Sharman RS. et al. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements – a prospective study. American Journal of Obstetrics and Gynecology 1985, 151(9): 333-337

9. Hansmann M. Gewichtschätzung. In: Hansmann M., Hackelöer B.-J., Staudach A. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie: Lehrbuch und Atlas. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1985: 153-160

10. Higginbottom J., Slater J., Porter G., Whitfield C.R. Estimation of fetal weight from ultrasonic measurement of trunk circumference. British Journal of Obstetrics and Gynecology 1975, 82: 698-701

11. Holländer HJ. (1984). In: Hansmann M., Hackelöer B.-J., Staudach A. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie: Lehrbuch und Atlas. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1985: Kapitel 7.4 Gewichtschätzung, 168

12. Holländer HJ.: Die Ultraschalldiagnostik in der Schwangerschaft. München: Urban & Schwarzenberg 1984

13. Mathiesen JM., Aksglaede L., Skibsted L., Petersen OB., Tabor A. and the Danish Fetal Medicine Study Group. Outcome of fetuses with short femur length detected at second-trimester anomaly scan: a national survey. Ultrasound Obstet Gynecol 2014, 44: 160-165

14. Merz E., Lieser H., Schicketanz KH. et al. Intrauterine fetal weight assessment using ultrasound. A comparison of several weight assessment methods and development of a new formula for the determination of fetal weight. Ultraschall in der Medizin 1988, 9(1): 15-24

15. Ott WJ., Doyle S., Flamm S. et al. Accurate ultrasonic estimation of fetal weight. Prospective analysis of new ultrasonic formulas. American Journal of perinatology 1986, 3(4): 307-310

16. Özlü T., Ozcan T. Fetal isolated short femur in the second trimester and adverse pregnancy outcomes. Prenatal Diagnosis 2013, 33: 1063-1069

17. Papageorgiou AT., Fratelli N., Leslie K., Bhide A., Thilaganathan B. Outcome of fetuses with antenatally diagnosed short femur. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008, 31: 507-511
18. Parker AJ., Davies P., Mayho AM., Newton JR. The ultrasound estimation of sex-related variations of intrauterine growth. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1984, 149: 665-669
19. Patterson RM., Prihoda TJ., Gibbs CE., Wood RC. Analysis of birth weight percentile as a predictor of perinatal outcome. *Obstet Gynecol* 1986, 68(4): 459-463
20. Robinson HP., Fleming JEE. A critical evaluation of sonar "crown-rump-length" measurements. *British Journal of Obstetrics and Gynecology* 1975, 82(9): 702-710
21. Schild RL., Sachs C., Fimmers R. et al. Sex-specific fetal weight prediction by ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005, 23(1): 30-35
22. Schillinger H., Müller R., Kretzschmar M., Wode J.: Gewichtsbestimmung des Feten durch Ultraschall. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 35 (1975): 858-865
23. Schlembach D. Intrauterine Wachstumsrestriktion. Vorlesung im Rahmen des Medizinstudiums im Block: Fortpflanzung und Entwicklung. November 2012
24. Schuhmacher H. (1979). In: Hansmann M., Hackelöer B.-J., Staudach A. *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie: Lehrbuch und Atlas*. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1985: Kapitel 7.4 Gewichtsschätzung, 166
25. Shepard MJ., Reichard VA., Berkowitz RL. et al. An evaluation of two equations for predicting fetal weight by ultrasound. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1982, 142(1): 47-54
26. Siemer J. Basis der Ultraschalluntersuchung. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie*. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 16-22

27. Steiner H., Jäger T. Basis Dopplersonografie in der Geburtshilfe. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 402-411
28. Thompson HE., Holmes JH., Gottesfeld KR., Taylor ES. Fetal Development as Determined by Ultrasonic Pulse Echo Techniques. American Journal of Obstetrics and Gynecology 1965, 92: 44-52
29. Thurnau GR., Tamura RK., Sabbagha R. et al. A simple estimated fetal weight equation based on real-time ultrasound measurements of fetuses less than thirty-four weeks' gestation. American Journal of Obstetrics and Gynecology 1983, 145(5): 557-561
30. Vermeer N., Bekker MN. Association of isolated short fetal femur with intrauterine growth restriction. Prenatal Diagnosis 2013, 33: 365-370
31. Voigt M., Schneider KTM., Jährig K. Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland. Geburtshilfe und Frauenheilkunde 1996, 56: 550-558
32. Warsof SL., Gohari P., Berkowitz RL. et al. The estimation of fetal weight by computer-assisted analysis. American Journal of Obstetrics and Gynecology 1977, 128: 881-892
33. Willocks J., Donald I., Duggan TC., Day N. Foetal cephalometry by ultrasound. The Journal of Obstetrics and Gynecology of the British Commonwealth 1964, 71: 11-20
34. Willruth A., Gembruch U. Prädiktiver Ultraschall für Präeklampsie und intrauterine Wachstumsretardierung im II. Trimenon. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 468-470

9. Quellenverzeichnis Abbildungen

1. Acharya G., Wilsgaard T., Berntsen GK., Maltau JM., Kisenud T. Reference ranges for serial measurements of umbilical artery Doppler indices in the second half of pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2005; 192: 937-944
2. Gomez O., Figueras F., Fernandez S., Bennasar M., Martinez JM., Puerto B., Gratacos E. Reference ranges for uterine artery mean pulsatility index at 11–41 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 32:128–132
3. Loughna P., Chitty L. et al. Fetal size and dating: charts recommended for clinical obstetric practice. *Ultrasound* 2009, 17(3): 166
4. Loughna P., Chitty L. et al. Fetal size and dating: charts recommended for clinical obstetric practice. *Ultrasound* 2009, 17(3): 167
5. Magann EF., Sanderson M., Martin JN., Chauhan S. The amniotic fluid Index, single deepest pocket, and two-diameter pocket in normal human pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2000; 182: 1581-1588
6. Marsal K. Obstetric management of intrauterine growth restriction. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology* 2009, 23: 859
7. Merz E. Fetale Gewichtsschätzung. In: Sonographische Diagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe. Lehrbuch und Atlas. Band 2: Geburtshilfe. 2. Auflage. Stuttgart u.a.: Georg Thieme Verlag, 2002: 166
8. Siemer J. Basis der Ultraschalluntersuchung. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 16
9. Siemer J. Basis der Ultraschalluntersuchung. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 17

10. Siemer J. Basis der Ultraschalluntersuchung. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 18
11. Steiner H., Jäger T. Basis Dopplersonografie in der Geburtshilfe. In: Gembruch U., Hechner K., Steiner H. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2013: 407

10. Anhang

10.1. Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Prof. Dr. med. Ekkehard Schleußner, Herr Priv.-Doz. Dr. med. Dietmar Schlembach und Frau Dr.-Ing., M.Sc. Epidemiology Heike Hoyer

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers

10.2. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater **Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dietmar Schlembach** für die Bereitstellung des Themas sowie sein stetes Interesse am Fortgang dieser Arbeit. Er stand mir unermüdlich mit fachlichem Rat, konstruktiver Kritik und umfassendem Wissen zur Seite.

Herrn Prof. Dr. med. Ekkehard Schleußner danke ich für die Möglichkeit an der Universitätsfrauenklinik zu promovieren.

Ebenso danke ich **Frau Dr.-Ing., M.Sc. Epidemiology Heike Hoyer** aus dem Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation der Friedrich-Schiller-Universität Jena, mit deren Hilfe die statistische Aufarbeitung des umfangreichen Datenmaterials möglich wurde.

Den **Ärzten, Schwestern, Hebammen** und **sonstigen Mitarbeitern** der Universitätsfrauenklinik Jena danke ich für die Unterstützung bei kleineren Problemen während der Entstehung meiner Arbeit.

Großen Dank schulde ich auch **meinen Eltern, Großeltern** und **meinem Bruder**. Sie haben stets meine persönlichen Interessen gefördert und mir während meines Medizinstudiums den notwendigen Zuspruch entgegengebracht.

Meinem **Mann Christopher** danke ich für den Rückhalt und die liebevolle Unterstützung, die ich während der Erstellung meiner Arbeit erfahren durfte und auf die ich mich jederzeit verlassen kann.

Ihnen widme ich diese Arbeit.